ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1947 — N° 18

LA CONGÉLATION RAPIDE

Congélation rapide de la viande désossée, découpée et mise en caisse

THÈSE

DE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement en Mai 1947
devant la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie
de Toulouse

par

Roger CAVERIVIÈRE

né le 18 mai 1921 à MISSÈGRE (Aude)

JURY :

Président.... M. FABRE
Professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse.

Assesseurs.... M. DARRASPEN
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

M. LOMBARD
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

CARCASSONNE
LES IMPRIMERIES GABELLE
42, RUE BARBÈS, 42

1947

ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1947 N° 18

LA CONGÉLATION RAPIDE

Congélation rapide de la viande désossée, découpée et mise en caisse

THÈSE

DE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement en Mai 1947
devant la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie
de Toulouse

par

Roger CAVERIVIÈRE

né le 18 mai 1921 à MISSÈGRE (Aude)

JURY :

Président.... M. FABRE
Professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse.

Assesseurs.... M. DARRASPEN
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

M. LOMBARD
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

CARCASSONNE
LES IMPRIMERIES GABELLE
42, RUE BARBÈS, 42

1947

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

PERSONNEL ENSEIGNANT

Directeurs honoraires..... MARTIN, GUILLE
Professeur honoraire ..... LECLAINCHE
Directeur..... PONS

PROFESSEURS

Chimie et Pharmacie ..... N.
Anatomie ..... FLORENTIN
Physiologie ..... N.
Anatomie Pathologique - Inspection des viandes ..... LOMBARD
Parasitologie ..... BRIZARD
Médecine..... DARRASPEN
Chirurgie..... LASSERRE
Pathologie du Bétail..... BERTHELON
Maladies Microbiennes ..... N.
Zootechnie ..... PONS

AGREGÉS

Anatomie..... BENOIT
Médecine..... FLORIO
Zootechnie ..... LADRAT

CHEFS DE TRAVAUX

Chimie et Pharmacie ..... GODFRAIN
Chirurgie..... PUGET
Pathologie du Bétail..... TOURNUT

ASSISTANTS

Anatomie Pathologique ..... ROLAND, DUVALIET
Médecine ..... JUTEAU, Melle SYKES

COURS COMPLÉMENTAIRE

Pisciculture et maladies des poissons.... SECONDAT

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (Délibération de la Faculté en date du 10 Mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 Juin 1924).

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

A notre Président de Thèse

MONSIEUR LE PROFESSEUR FABRE

de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Toulouse

Qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de notre Jury de thèse.

A notre Jury de Thèse :

à MONSIEUR LE PROFESSEUR DARRASPEN

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Hommages respectueux

à MONSIEUR LE PROFESSEUR LOMBARD

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pour les précieux conseils qu'il n'a cessé de nous prodiguer.

à TOUS NOS MAITRES

A MES PARENTS

Pour les lourds sacrifices qu'ils se sont imposés au cours de mes études.

A MA SŒUR

Au Vétérinaire-Commandant HENAFF

Qui a eu l'amabilité de mettre ses travaux à notre disposition.

à Monsieur LAURENT

Inspecteur d'Académie de l'Aude

Pour l'aide qu'il nous a apportée.

AVANT-PROPOS

Nous avions l'intention de faire une étude plus générale et qui aurait englobé une revue plus complète de la congélation rapide avec tous ses avantages et ses conditions d'emploi.

Il nous est apparu bien vite que ce travail pour être complet était long et minutieux et dépassait largement le cadre de notre thèse ; nous risquions d'être à la fois trop superficiel et obscur.

Aussi sur les conseils de notre maître, Monsieur le Professeur LOMBARD, avons-nous décidé de n'envisager la congélation rapide que dans les idées générales et les conclusions que nous aurions pu en tirer, sans entrer dans le détail des travaux et des multiples expériences réalisés. Nous en exposerons tout de même le principe et les divers procédés déjà utilisés.

La partie la plus importante de ce modeste travail sera consacrée à une technique nouvelle en France : la congélation rapide de la viande désossée, découpée et mise sous emballage ; nous passerons successivement en revue la technique proprement dite, les avantages et les possibilités de ce nouveau procédé.

INTRODUCTION

Depuis la plus haute antiquité, on s'est aperçu de l'action bienfaisante du froid dans la conservation de certaines denrées alimentaires. Déjà CATON estime que les locaux frais et tournés vers le Nord sont particulièrement propres à conserver les fruits. Encore actuellement, dans certaines régions on descend les paniers de beurre dans le puits de la ferme pour lui conserver sa fraîcheur.

Mais ce froid naturel, impossible à régler, ne permet pas un usage méthodique et régulier.

Ce n'est qu'après 1868, quand Ch. TELLIER eut présenté à l'Académie des Sciences ses travaux et sa technique pour « obtenir du froid » qu'on entrevit toutes les possibilités de la méthode.

Un an après, BOULEY, un autre Français, montra qu'une température oscillant entre + 1° c. et + 3° c. n'altère pas les viandes dans ses qualités organoleptiques et inhibe même les altérations possibles.

La voie est ouverte et déjà en 1873, le voilier « Le Frigorifique » transporte un chargement de viande réfrigérée de Rouen à Buenos-Ayres. Puis de nombreux navires sillonnent les mers, transportant fruits et aliments d'origine carnée. Ce commerce prend alors une extension croissante et fait la fortune des Etats d'Amérique du Sud et autres pays exportateurs.

Ainsi les industries frigorifiques, comme beaucoup d'autres, comptent dès leurs débuts, des savants français, et comme beaucoup d'autres aussi ce sont des pays étrangers qui lui font acquérir son développement, en particulier les U.S.A., où le froid est actuellement utilisé sur une très grande échelle et à tous les instants de la vie journalière par l'Américain moyen.

CHAPITRE PREMIER

LA CONGÉLATION RAPIDE

Soit par réfrigération simple, soit par congélation ordinaire, suivant les conditions d'utilisation, on peut conserver en bon état toutes les denrées périssables.

Dans la plupart des pays, on tend à substituer aux méthodes de congélation lente (— 5° c.) ou demi-lente (— 15° c.) celles de la congélation ultra-rapide : le Quick-Freezing des Anglo-Saxons, le Tief-Kühl des Allemands, de manière à saisir comme en un éclair le suc liquide des produits et les maintenir ensuite par l'emploi de très basses températures pendant le stockage, dans un état de cristallisation infiniment ténue qui laisse à la matière congelée son aspect histologique primitif. Les délabrements sont alors moindres et une viande ainsi traitée a un aspect plus naturel.

Pratiquement cette congélation rapide date de 1913, époque à laquelle un Danois, Ottesen l'a appliquée à la conservation du poisson. Mais c'est un Américain, Clarence Birdseye que l'on doit la généralisation du principe à presque toutes les denrées périssables. Ayant remarqué au Labrador que la viande de caribou, congelée par le froid naturel des régions arctiques et conservée à — 50° pendant des mois, présente un aspest et une saveur presque égales à celles de la viande fraîche, il en tire des conclusions pratiques telles qu'en quelques années la congélation rapide a acquis droit de cité aux U.S.A.

On a mis actuellement au point divers procédés qui présentent des avantages appréciables sur les modes de congélation antérieurs.

Avant d'exposer brièvement ces procédés et afin de mieux comprendre le principe du « Quick-Freesing », passons rapidement en revue ses avantages et ses conditions d'emploi.

1° - Maintien de la constitution histologique des tissus

Lors de la congélation d'un tissu il se forme à l'intérieur de celui-ci, des cristaux de glace plus ou moins volumineux : phénomène que l'on peut vérifier par des examens microscopiques.

Cet effet du froid est un des premiers étudiés et dès le 18me siècle, les anciens botanistes (DUHAMEL, GÉNEBIER, RAFN) ont constaté des délabrements histologiques dans les tissus gelés ; ils en ont déduit que les glaçons se formaient dans les cellules et déchiraient leurs membranes.

Plus tard vers 1830, Von GOPPERT, conteste celà et remarque que les cristaux de glace se forment, non pas à l'intérieur de la cellule, mais dans les espaces intercellulaires, écartant et dissociant ainsi les divers éléments des tissus. Le froid ne détermine donc qu'une sorte de plasmolyse, l'eau étant attirée et gelée en dehors de la cellule elle-même.

Pourtant les auteurs américains, allemands et surtout E. KALLERT en 1924, prouvent qu'aucune de ces 2 théories n'est absolue. Après une congélation particulièrement rapide, on remarque à l'examen microscopique, des cristaux formés à l'intérieur de la fibre musculaire. Ces cristaux sont d'autant plus fins que la congélation a été conduite plus rapidement.

KALLERT rejoint ainsi l'hypothèse émise par les premiers théoriciens.

Des chercheurs apportent ensuite à l'appui de cette opinion de nombreuses microphotographies et PLANK, peut regrouper les résultats acquis par diverses expériences :

1°. — En congelant un tissu à la température de l'air liquide, ce qui correspond à une vitesse de 12 cm / heures, on ne remarque au microscope aucune modification histologique.

2°. — Si dans un bain de saumure, on porte la température à — 15° c., (c'est-à-dire à la vitesse de 10 cm / heures, l'opération terminée, on peut voir un aspect granuleux de la cellule qui correspond aux multiples foyers de cristallisation fine, régulièrement disséminés dans le protoplasme.

A partir de ce moment, la grosseur des cristaux va augmenter et le nombre des foyers diminuer à mesure que la vitesse de l'opération sera moindre.

3°. — Si on abaisse la vitesse de congélation à — 5 cm/heures, on remarque la formation d'un gros noyau de cristallisation unique et situé au centre de la fibre.

4°. — A 2 cm — 1 cm/heure, le gros noyau isolé est alors excentrique et peut déchirer le sarcolemme.

5°. — A un dernier stade, si on congèle à l'air froid, la vitesse de congélation sera diminuée jusqu'à 0 cm., 1 / heure et les éclatements des membranes seront tels que les liquides épanchés dans les interstices inter-cellulaires se prendront en masse et altéreront encore plus en les dissociant, les fibres musculaires déjà en parties brisées. Les cristaux sont, dans ce cas, placés très irrégulièrement dans les tissus.

Plus récemment encore, au VII^me^ Congrès du Froid, HIROSHI OKUNO confirme très nettement les précédentes observations en mesurant la taille des cristaux.

A titre d'exemple nous pouvons noter que WILD a trouvé une différence dans la taille de ces cristaux, allant de 265 U à 60 U pour du poisson congelé dans l'air pour le 1^er^ cas, congelé très rapidement dans le 2^me^ cas.

La congélation lente favorise donc la constitution de gros cristaux qui peuvent provoquer d'importants désordres tissulaires. Nous entrevoyons déjà tous les avantages que peut apporter une congélation rapidement faite, en amenant l'apparition de cristaux plus fins.

Ceci se vérifie et prend toute son importance quand il s'agit d'utiliser les denrées et pour cela les décongeler. Il s'écoule alors une sérosité abondante qui représente une grande partie de l'eau de constitution précédemment solidifiée. Cette perte sera d'autant plus grande que la congélation se sera effectuée lentement, donc à haute température.

L'explication en est simple.

a) Dans le cas d'une viande rapidement congelée les cristaux sont minuscules, nombreux, régulièrement répartis au sein de la cellule ; lors de leur décongélation, l'eau qui en résulte reste sur place, disséminée, ce qui favorise sa résorption presque complète. La denrée garde alors son aspect, sa consistance, et toutes ses qualités organoleptiques normales.

b) Dans une viande congelée lentement, les gros cristaux contenus dans les interstices des fibres, en amas bien groupés, fondent rapidement à la décongélation ; l'eau trop localisée et trop abondante en certains points du tissu ne peut être résorbée complètement : il exude alors un liquide rougeâtre et visqueux.

Malheureusement cette eau de constitution, en s'écoulant entraîne avec elle les débris cellulaires, résultats des dégâts occasionnés auparavant, d'où des pertes sensibles qui peuvent s'élever à 24 %.

En général la sérosité exudée contient :

— 10 % de matières albuminoïdes solubles.
— 1 % de sels et de principes colorants.

En outre, la viande ainsi décongelée prend un aspect peut engageant : elle devient d'une consistance flasque, moins alibile, sèche à la cuisson, sans saveur ni arôme.

Tous ces défauts ont déjà fait déprécier le « frigo » dans notre pays : une congélation bien comprise doit les éliminer.

D'après PIETTRE : « l'idéal serait donc d'effectuer cet- « te congélation avec une telle rapidité que l'eau se « trouve solidifiée dans l'état de division ou elle se « trouve dans les liquides biologiques ».

En définitive et théoriquement, par un refroidissement rapide à une température assez basse, on fixe en place l'eau de constitution, en de fins cristaux inoffensifs pour la structure histologique du tissu, conservant ainsi, à la décongélation, toutes les qualités organoleptiques de l'aliment traité.

Au contraire, la congélation lente provoque l'apparition de gros cristaux, déchirant les membranes cellulaires et dont l'eau de fonte n'est pas résorbée.

Divers procédés mettent ces conclusions en application.

2° - Avantages Economiques

Les procédés de congélation rapide exigent, en comptant le rafraîchissement des demi-carcasses, une durée de 24 heures, en moyenne (Procédé HOVEMAN).

Les procédés de congélation ordinaire (semi-lents) exigent une durée de 75 à 80 heures, c'est-à-dire 3 fois plus.

On conçoit qu'il sera d'un gros avantage économique, si les débouchés de l'usine sont assez importants, de libérer les chambres froides 3 fois plus vite, même en tenant compte de la cherté de la frigorie.

D'ailleurs comme nous le verrons par la suite, on s'attachera, plutôt que de trop abaisser la température, à augmenter la surface des morceaux à conserver et le

coefficient de transmission de chaleur entre ces morceaux et le milieu ambiant.

Indépendamment des accidents physiques qu'on évite ainsi, l'abaissement de température nécessaire n'est pas très important, donc peu coûteux, tandis que la vitesse de congélation est tout de même augmentée.

⁂

Les procédés de congélation rapide, donc l'emploi d'une basse température, inhiberont l'activité de tous les fermens et microorganismes.

⁂

Nous venons de voir certains avantages de la congélation rapide ; ce procédé amène sans conteste des progrès appréciables. Cependant, nous devons faire quelques restrictions sur l'emploi des basses températures.

3° - Conditions d'Emploi des Basses Températures

On ne peut utiliser une méthode de conservation des denrées que dans la mesure où elle leur laisse un aspect normal et des qualités organoleptiques semblables à ceux du produit frais.

On y arrivera :

1°. — Par le choix d'une température évitant les désordres de toute nature.

2°. — Par le choix d'un mélange réfrigérant, n'altérant en rien le produit, s'il y a contact.

3°. — Par le maintien durant l'entreposage de la température obtenue au cœur du produit pendant la congélation.

A. — CHOIX DE LA TEMPERATURE.

Une basse température de congélation conserve aux tissus, leur constitution histologique : il est donc souhaitable que ces froids soient employés industriellement; en réalité, certaines restrictions sont à faire.

Plank immerge un tissu (viande ou poisson) dans de l'air liquide et laisse congeler. Après cette opération, on peut constater que la constitution histologique est respectée, mais assez souvent, en surface, il se produit des fissures de 1 à 2 m/m de largeur ; ceci résulte des « efforts différents sur les parois externes et internes des membranes résultant des tensions dues à la température de la substance devenue fragile ».

D'autre part, ces tissus congelés à très basse température ne reprennent plus leurs caractères primitifs quand on les décongèle.

Ce phénomène d' « irréversibilité » et les accidents externes occasionnés par des froids trop intenses, vont être un obstacle sérieux à l'emploi des basses températures. Il s'agit donc de trouver une limite inférieure à ne jamais dépasser, tout en conservant les avantages de la congélation rapide.

Cryo-concentration. — Les expériences de Plank sur la « cryo-concentration » (1933), ont apporté des éclaircissements sur la question. Sans nous lancer dans le détail de ces travaux, nous pouvons les résumer ainsi :

Plank congèle progressivement du plasma musculaire ; il abaisse la température de t 1 à t 4.

Jusqu'à la température t 1 les cristaux de glace commencent à se séparer du liquide, mais si l'activité des processus biologique est réduite (anabiose) après une décongélation convenablement conduite, les fonctions normales se rétablissent. Ici la vitesse de congélation ne semble jouer aucun rôle.

Au contraire, à t 2 la limite de reversibilité biologique est atteinte. Au-dessous la séparation se produit pour-

tant sans détruire l'état colloïdal du liquide : dans ce cas la vitesse de congélation en formant de très fins cristaux est favorable au maintien de cet état colloïdal au moment de la fonte.

Nous arrivons alors à la température t 3 où les modification deviennent irréversibles quelle que soit la vitesse de congélation.

A la température t 4 le mélange est complètement solidifié : c'est le « point eutectique ».

Il est évident que dans une congélation bien conduite il ne faut jamais dépasser la température t 3 car ce qui se passe au laboratoire a lieu de la même manière dans la fibre musculaire.

Piettre rapporte cette « irréversibilité » à partir de la température t 3 à une « dénaturation des protéines » ; elle serait due à des modifications dans les propriétés physico-chimiques des colloïdes par une floculation, purement physique.

Un cas illustre bien la « réversibilité » complète : c'est la congélation des poissons vivants. Pris dans un bloc de glace à — 10°, conservés à cette température, puis décongelés très lentement, un grand nombre reviennent à la vie.

Au contraire, le Docteur Moran, étudiant la congélation des œufs, a constaté qu'au-dessous de — 6°, le jaune et le blanc se trouvent profondément altérés, et ne reviennent jamais à leur état normal. — 6° c. est une limite pour l'œuf.

Il existe donc une limite inférieure de congélation pour chaque système colloïdal (— 6° c. pour l'œuf), et cette limite à ne jamais dépasser est une condition essentielle de la réussite d'une congélation.

Pour un grand nombre de denrées, les Américains ont choisi la température de — 17°,5, qui concilie les exigences précédentes et la nécessité de ne pas altérer la structure histologique du tissu par une température trop élevée.

⁂

Il semble que l'obtention d'une température assez basse au centre de volumineux morceaux, exige à la périphérie un froid bien plus intense risquant de dépasser la limite t 3 ; en réalité, on pourra tourner la difficulté en augmentant la rapidité des échanges thermiques entre le produit et le milieu ambiant.

B. — CHOIX D'UN REFRIGERANT.

Il est indispensable qu'une odeur désagréable, un goût ou un aspect anormal, ne soient pas communiqués aux aliments par le réfrigérant choisi s'il y a contact avec la denrée. En effet pour augmenter les échanges thermiques dans certains procédés de congélation rapide on a imaginé des milieux congelants liquides entrant au conctact du produit à conserver.

La saumure, par exemple, assez fréquemment employée (Ottesen, etc...) donne aux viandes une couleur brun grisâtre d'aspect peu engageant.

On a pallié à ces inconvénients par différentes techniques dont nous reparlerons en exposant les procédés de congélation.

C. — NECESSITE D'UN STOCKAGE A BASSE TEMPERATURE.

Il est absolument nécessaire d'entreposer à une température assez basse (— 20°) si on ne veut pas pâtir des inconvénients de la congélation lente : mauvais aspect extérieur du produit, consistance flasque, perte d'arôme, de saveur et de principes nutritifs.

En maintenant, au stockage, la température du produit à la congélation, on conserve les avantages acquis.

a) *Au point de vue histologique* surtout, la température de l'entrepôt joue un grand rôle.

Si, ayant congelé un morceau de viande à — 20° et déterminé ainsi à l'intérieur de la fibre de petits cristaux peu dangereux pour la structure moléculaire, on entrepose ce morceau à une température égale à — 20°, nous n'observons aucune modification des cristaux.

Mais si on l'entrepose à une température supérieure à — 20° (— 10°) il se produit une décongélation partielle portant sur les plus petits cristaux. L'eau en résultant se recongèle à — 10° formant des cristaux volumineux.

Ainsi tous les avantages acquis par une congélation rapide sont annulés : l'examen microscopique le prouve.

En conséquence l'emploi des basses températures d'entreposage limite les pertes par exsudation, lors de la décongélation.

Des échantillons de viande congelés rapidement, étant entreposés, les uns à — 1°,2, les autres à — 19°, sont, après quelques jours de stockage, décongelés lentement ; on constate que les pertes par exsudation des morceaux conservés à — 1°,2 s'élèvent à 13,2 %, tandis que les morceaux conservés à — 19° ne perdent que 3,2 % de leur poids. On voit que la différence est appréciable.

b) *Au point de vue chimique.*

Les ferments responsables de la rancidité ne sont qu'inhibés par l'action du froid ; il résulte de cela qu'un réchauffement des graisses à l'entreposage les exposerait à subir une hydrolyse, tout comme si elles n'avaient jamais subi l'action des basses températures.

De plus, les constituants chimiques des aliments, et les vitamines seront respectés au maximum par une température de stockage égale à celle de la congélation rapide.

Les moisissures et les bactéries resteront plongées dans un état de vie latente et le froid intense permettra une atténuation du pouvoir de contamination des agents parasitaires.

c) *Au point de vue physique* soulignons que l'aspect foncé déplaisant que prennent superficiellement certai-

nes viandes, après leur entreposage, est dû à la transformation de l'hémoglobine en oxyhémoglobine, puis en une forme plus stable, la méthémoglobine, de coloration brune.

On a pu remarquer au spectroscope, sur la viande congelée et entreposée à — 5°, que l'apparition de méthémoglobine se fait au 7me jour, tandis qu'avec un entreposage à — 20° on ne la décèle qu'au 56me jour. D'où la conclusion que plus la température de conservation est basse, plus la quantité de pigments bruns formée est faible.

Evidemment ceci ne vaut que pour les procédés ne visant pas à garder à la viande sa couleur normale.

Quant au poids de la viande, la température n'influe que très peu sur sa diminution ; une hausse thermométrique favorise pourtant l'évaporation.

⁂

En définitive si la congélation rapide à basse température respecte la structure histologique des tissus et réduit ainsi l'exsudation lors de la décongélation, si elle présente des avantages économiques incontestables, le succès de l'opération dépend :

— du choix d'une température évitant tout désordre physique,

— du choix d'un réfrigérant sans action nuisible sur les produits soumis à son contact,

— de la nécessité d'un entreposage à basse température pour conserver les avantages acquis à la congélation.

4° - Principe de la congélation rapide

En étudiant la marche d'une congélation ordinaire à l'air et en construisant une courbe ayant en abscisse la durée de l'opération et en ordonnée les températures, on se rend compte qu'il existe un palier entre 0° c. et — 2° c. environ et durant de la 28me heure à la 58me heure. Cette durée est encore augmentée si la pièce à traiter est plus grasse ou plus épaisse. A ce moment là, la température est à peu près constante : la cristallisation se faisant très lentement et sous un froid peu intense, il se forme de gros cristaux qui risquent de provoquer, comme nous l'avons vu précédemment, de sérieux délabrements dans la texture des morceaux.

Si on considère la marche d'une congélation demi-lente, le palier en question sera un peu raccourci (v. fig.3).

Il sera donc légitime de penser que plus la température sera basse, plus la congélation sera rapide et le palier amoindri.

Pour remédier à cette sorte d'arrêt de la congélation, les spécialistes se sont efforcés de faire « sauter ce plateau » à la courbe, de passer le point critique le plus rapidement possible et ils ont pu y parvenir en augmentant la rapidité du refroidissement tout en conservant au maximum l'état initial des denrées.

Afin d'obtenir la rapidité de la congélation, les chercheurs ont tenu compte d'un certain nombre de facteurs contenus dans la formule générale donnée par Plank.

$$Z = \frac{P}{16\,\lambda} \times \frac{1}{-(1+t)} \times Do\left(Do + \frac{4\,\lambda}{\alpha}\right)$$

Il faut tout d'abord noter que P (chaleur de congélation) et λ (coefficient de conductibilité thermique pour la partie congelée) sont invariables.

D'autre part: α = coefficient de transmission

t = température de l'agent réfrigérant

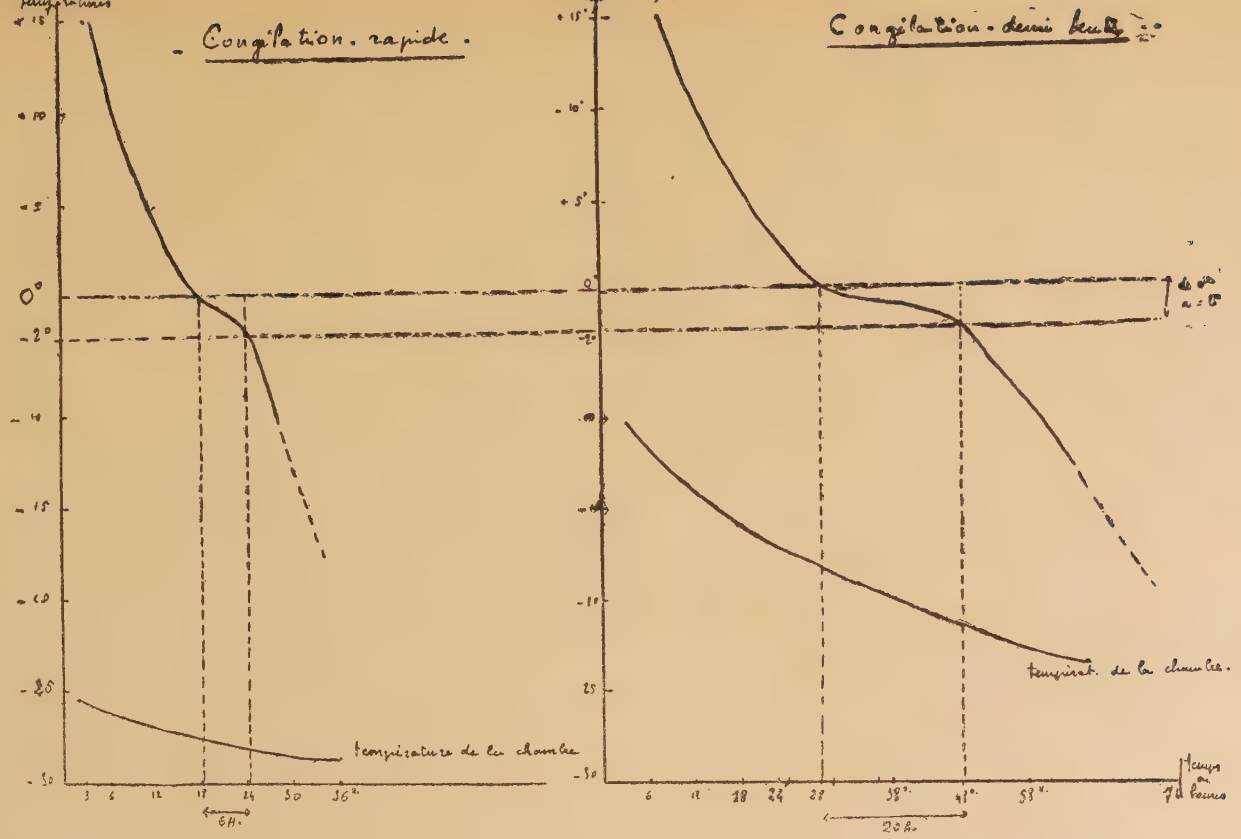


Fig. I - Tandis que le palier dure seulement 6 heures pendant la congélation rapide il arrive à 20 heures durant une congélation demi lente. (Courbes empruntées aux travaux du Vétérinaire Com. Hénaff)

Il en résulte que la durée de la congélation est à la fois :

1°. — Inversement proportionnelle à l'abaissement de la température ambiante (t).

2°. — Directement proportionnelle à la surface de la denrée à congeler.

Il sera donc plus intéressant et d'un succès plus sûr d'opérer sur des pièces de grande surface. La température au centre du morceau sera plus vite abaissée au point voulu d'où une moindre durée de l'opération. Indépendamment des autres conditions elle diminue inversement au carré de l'épaisseur des morceaux.

3°. — Inversement proportionnelle au coefficient superficiel de transmission de chaleur entre la matière à congeler et le mélange réfrigérant.

On augmentera donc la rapidité des échanges thermiques entre l'objet et le milieu ambiant en remplaçant l'air par un autre gaz ou un liquide comme la saumure ayant un coefficient de transmission plus élevé. Dans ce cas, la transmission de chaleur va être beaucoup plus grande.

Un fragment de viande ou de poisson maintenu dans une solution à — 15° c. se congèle en 6 heures, tandis qu'il faut une durée 6 à 24 fois plus grande dans l'air à la même température.

Si on le laisse seulement 6 heures à l'air, il faudra pour arriver à la congélation une température de — 75° c.

On a aussi remarqué que l'état de motilité du milieu réfrigérant exerçait une influence heureuse sur la rapidité de l'opération, en agissant sur le coefficient de transmission.

La congélation dans une saumure à — 15° et agitée équivaut à un refroidissement à — 20° dans une saumure au repos.

De même un courant d'air rapidement envoyé sur les denrées agit plus intensément que l'air calme de la chambre frigorifique.

Il sera préférable de recourir à ces deux derniers facteurs : surface de la denrée et coefficient superficiel de transmission de chaleur, qu'à une diminution exagérée de la température ; elle n'aurait pour effet que d'occasionner des troubles graves à la périphérie et même une insuffisance de refroidissement au cœur des morceaux.

En application de ce prncipe de nombreux procédés sont nés, se sont perfectionnés, dérivant l'un de l'autre, mais apportant chacun une amélioration ou une heureuse modification.

5° - Principaux procédés de congélation rapide

Dès 1891, Barrier, Directeur de l'Institut International du froid, fait des expériences de congélation rapide en introduisant, dans des mouleaux à glace, une cuisse de bœuf, et en immergeant le tout dans de la saumure à — 25° c.

En constituant une courbe, comme précédemment, il remarque que le palier qu'il s'agit de réduire est diminué de plus de la moitié de sa durée. Au lieu d'une durée de 30 heures, il se prolonge seulement pendant 12 heures, quoique les échanges de chaleur se soient faits dans ce cas à travers une enveloppe métallique et qu'une importante couche d'air à l'intérieur du bloc joue le rôle d'isolant.

A ce procédé, va succéder, en 1912, la technique d'Ottesen, type des procédés par contact direct avec le milieu ambiant, puis des variantes, qui en découlent plus ou moins directement.

Passons en revue tour à tour :

a) Les procédés par contact direct avec le milieu réfrigérant.

b) Les procédés par contact indirect avec le milieu réfrigérant.

c) Les procédés par circulation d'air froid.

A. — PROCEDES PAR CONTACT DIRECT AVEC LE MILIEU REFRIGERANT.

On distingue :

les procédés par immersion (Ottesen, Henderson).

les procédés par ruissellement de saumure (Dahl-Hirch-Taylor).

les procédés par pulvérisation de saumure (Zarotschenzeff).

1°. — Procédés par Immersion.

a) *Procédé Ottesen.*

Ce procédé utilise une solution de chlorure de sodium concentrée de manière à éviter le salage et la déshydratation des denrées. On ajoute pour cela des mélanges divers (sel marin + salpêtre + glycérine ou sel + ammoniac + chaux) ce qui permet au surplus de refroidir le milieu réfrigérant jusqu'à —21° c. Ce milieu est constamment maintenu en mouvement. Le maintien de la concentration est très difficile à obtenir et il se produit une pénétration plus ou moins importante de sel : on a alors à la surface de la viande, en particulier, une teinte grisâtre comme si elle avait été salée.

On fait suivre la congélation d'un lavage à l'eau chaude (30° ou même 60°) pour dissoudre le sel absorbé à la surface et former une fine pellicule de glace protectrice contre la dessication. Cette eau chaude ne décongèle le morceau que sur une mince couche superficielle, laquelle redevient solide presque immédiatement.

Pour les poissons, l'absorption de sel est très faible, et l'immersion se fait dans un puits d'eau

fraîche après congélation par jet de saumure ; ce procédé est surtout utilisé industriellement dans les pays producteurs de poissons.

D'autres techniques, découlent de la précédente.

b) *Procédé Henderson.*

La congélation comprend trois temps successifs à des températures décroissantes.

2°. — Procédés par ruissellement de saumure.

Le passage ininterrompu du mélange réfrigérant à la surface des produits à congeler, équivaut à un mouvement constant du milieu ambiant augmentant le coefficient de transmission de chaleur.

Dans le procédé *Dahl*, le poisson est placé dans des caisses à claire-voie, empilées les unes sur les autres ; la saumure descend en ruisselant de haut en bas, puis est récupérée.

Dans le procédé *Hirch-Taylor*, les poissons sont suspendus à des chevalets et sont soumis à une véritable pluie de saumure refroidie qui les congèle.

3°. — Procédés par pulvérisation de saumure.

(*Procédé Zarotschenzeff ou Procédé Z*)

C'est Zarotschenzeff qui employa le premier cette technique. Elle consiste à utiliser la saumure « atomisée » sorte de brouillard de la solution réfrigérante et à en envelopper le produit à conserver. Le procédé est moins favorable à la pénétration des sels que l'immersion directe ou le ruissellement.

La saumure atomisée est mise en contact avec les denrées suivant plusieurs modalités :

1°. — Les produits sont supportés par des plateaux grillagés dans une armoire compartimentée. Le brouillard enveloppe le coutenu de l'armoire.

2°. — Dans un second type d'appareil, des appareils à jets en batterie « atomisent » la solution et l'envoient sur des chariots chargés.

3°. — Les chariots peuvent être remplacés par un tapis roulant grillagé qui se déplace lentement.

Ce procédé est excellent pour la conservation des volailles et surtout employé à bord des navires pour la conservation du poisson.

B. — PROCEDES PAR CONTACT INDIRECT AVEC LE MILIEU REFRIGERANT.

Afin d'éviter une pénétration de sel, le contact avec la saumure ne se fait plus qu'à travers une paroi protectrice.

a) *Procédé Petersen.*

Les poissons ou les viandes sont introduits en bloc ou séparément dans des mouleaux métalliques qui sont immergés dans une solution chlorocalcique à — 30° c. environ.

b) *Procédé Kolbe.*

Les produits à traiter sont placés dans des sortes de plateaux peu profonds, mais le couvercle peut emprisonner une certaine quantité d'air en se fermant. Cet air, au moment où tout le système sera plongé dans la solution de Cl^2 Ca, empêchera la saumure d'arriver au contact des denrées.

c) *Procédé Cooke.*

On emploi ici aussi une solution de Cl^2 Ca à — 23°,2 c., qu'on fait circuler entre les doubles parois de plateaux chargés et empilés les uns sur les autres. Ainsi, le fond d'un plateau refroidit le dessus de l'inférieur en même temps que les denrées placées au-dessus de lui.

d) *Procédé Birdseye.*

Ici, les produits à conserver sont placés entre deux courroies métalliques qui les entraînent d'une extrémité à l'autre de l'appareil. Au-dessus et au-dessous des courroies, la saumure de Cl^2 Ca est pulvérisée : on a ainsi une congélation continue.

Cependant la température nécessaire est de — 42°,7 c.

Birdseye a aussi imaginé un « congélateur à plateau monobloc » qui ne nécessite qu'une température de — 17°,8 c.

L'appareil est un meuble frigorifique contenant plusieurs plateaux métalliques superposés et creux (3 à 11), destinés à recevoir des cartons remplis de produits ; l'intervalle qui existe entre eux peut se régler à volonté. La denrée à traiter est présentée empaquetée dans des cartons résistants qui sont placés sur les plateaux ; on les rapproche de manière à ce qu'il y ait contact intime du colis avec les plaques métalliques, éliminant ainsi tout matelas d'air nuisible à la transmission du froid.

La température est abaissée par circulation d'ammoniac ou de saumure dans des tuyaux placés à l'intérieur des plateaux creux.

La bonne présentation des produits obtenus, propres, emballés dans des feuilles de cellophane et des cartons paraffinés fait apprécier et consommer toutes sortes de denrées ainsi congelées.

e) *Procédé Hoveman ou Cryovac.*

Un Français, Hoveman a employé une technique déjà étudiée par Barrier et qui avait fait l'objet de travaux américains et allemands ; elle conduisit à des applications pratiques intéressantes.

En 1937, le procédé fut présenté par Piettre à la « Food Conférence » de Boston et il acquit depuis la faveur de nombreux pays qui l'appliquent actuellement sur une grande échelle (U.S.A., Canada, Amérique du Sud).

Il convient aux gros quartiers de viande, contrairement aux procédés précédents (Birdseye) qui ne concernent que des denrées d'un faible volume.

Ici encore le contact n'est qu'indirect avec une saumure en pluie à — 26° c. Le procédé consiste à enfermer le quartier dans une enveloppe de latex expansé à l'intérieur de laquelle on fait le vide, déterminant ainsi une adhérence parfaite de l'enveloppe à toutes les irrégularités du bloc à congeler. La transmission de chaleur est donc directe et la durée totale de l'opération pour un quartier postérieur de bœuf (donc de très grosses masses musculaires) ne dépasse pas 15 à 16 heures.

On réalise ainsi certains avantages :

Toute souillure et toute altération par la saumure sont évitées puisqu'il n'y a pas contact direct comme dans les techniques précédentes.

L'enveloppe étant placée à demeure, on supprime ainsi la condensation de l'humidité atmosphérique à la décongélation, le dépôt de poussières, de bactéries et de moisissures de l'air à la surface de la viande.

Pendant le stockage, le latex constitue une protection permanente contre les germes, les pertes par évaporation, les modifications dues à la transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine : le muscle conserve ainsi sa couleur et son poids.

Au point de vue hygiénique et économique les avantages sont donc énormes.

Nous devons signaler pourtant que selon le rap-

port du Vétérinaire Colonel Fleuret, des essais effectués à Arras, en 1937, ont été décevants. Les sacs de latex, peu résistants se sont déchirés au cours des manipulations ; de plus, on remarqua leur peu d'adhérence et leur médiocre étanchéité.

Il semble pourtant, après les expériences des pays étrangers, que des travaux plus poussés s'imposent.

C. — PROCEDES PAR CIRCULATION D'AIR FROID.

Ce sont les derniers en date.

Ils sont représentés par des appareils du type « tunnel » (Linde, Grayson, Foster, Heckerman, Centre de congélation rapide de Paris-Ivry P.O.).

Le premier a été réalisé, en 1938, par la Compagnie des Gares et Entrepôts Frigorifiques dans son installation d'Ivry. Depuis cette époque, l'Intendance militaire, par l'intermédiaire du génie rural, a créé un certain nombre de centres de congélation placés dans les centres de production de viande et où les tunnels étaient prévus pour assurer la congélation par demi-bêtes.

Les divers tunnels ne diffèrent que par la disposition de leurs éléments constitutifs : le principe en est toujours le même.

Des ventilateurs puissants envoient l'air atmosphérique dans des frigorifères à détente directe ou à circulation de saumure. Cet air refroidi est propulsé ensuite à grande vitesse dans les chambres de congélation.

La vitesse du courant d'air conditionne la durée de congélation du produit. Des constatations toutes récentes faites au centre de congélation de Paris-Bercy ont prouvé encore une fois que la vitesse de circulation de l'air, a une plus grande influence sur la rapidité de congélation que l'abaissement de température.

Les expériences se sont faites sur des quartiers de bœufs placés dans trois chambres de différentes lar-

geurs et à — 29° environ. L'air froid était envoyé dans ces chambres à des vitesses différentes.

On remarqua après la congélation que, dans les chambres les plus larges et là où la vitesse de l'air était moindre, certains quartiers présentaient au centre du globe une petite partie non congelée.

On put relever aussi ces accidents sur des pièces de viande mal orientées, accolées les unes aux autres dans le coin des chambres, qui n'avaient pas été frappées par le courant de froid.

La forme « tunnel », étroite et longue, supprime les zones neutres des pièces carrées où la circulation de l'air se fait mal. Aussi, la vitesse de congélation dans un « tunnel », augmente-t-elle de 4 fois, par rapport à une congélation ordinaire, pour une vitesse de l'air de 10 mètres seconde. Elle n'augmente que de 2 fois pour une vitesse de 3 mètres seconde.

Pourtant la dessiccation qui résulte de la grande vitesse de l'air est un inconvénient grave du procédé ; c'est pourquoi on préfère la vitesse de 3 m./sec. à celle de 10 m./sec. et on ne prépare le plus souvent que des denrées emballées en caisse de métal, de bois ou de carton évitant toute évaporation.

CHAPITRE II

Congélation rapide de la viande désossée, découpée

et mise en caisse de bois ou de carton

1° - Introduction

La technique de la congélation rapide de la viande désossée n'est pas absolument nouvelle. Il y a déjà plus de 10 ans, des morceaux de viande découpée, emballés dans du papier et du carton, congelés ensuite brusquement furent distribués et vendus avec succès sur les marchés des U.S.A., d'abord par la « Général Food Corporation », ensuite par les Etablissements Swift et Cuvahy. Cette dernière maison fit une curieuse exposition à Chicago : un grand nombre de produits d'origine carnée, congelés sous emballage furent placés dans 6 ou 7 vitrines frigorifiques où la température était maintenue à — 10°, — 18° c. Ces produits d'un aspect fort appétissant et d'une présentation parfaite firent apprécier la méthode qu'employait l'établissement : la projection à grande vitesse sur les denrées à conserver d'un air refroidi à — 35° c. La technique était appelée « Air blast » (air soufflé).

Depuis encore plus longtemps, en Argentine, les quartiers de bœuf, rapidement désossés, étaient précipités tout chauds dans des moules longs et plats en forme de coin. Les blocs, congelés en 6 heures, enveloppés de

mousseline et de toile de jute, réalisaient une économie d'espace appréciable.

Or, au cours de la guerre qui vient de s'achever, les belligérants anglo-saxons, soucieux d'utiliser plus complètement le tonnage de leurs bateaux pour le ravitaillement des troupes, se sont mis à congeler des blocs de viande désossée comme le faisaient les Argentins.

Les U.S.A., en particulier, en préparèrent; mais l'emballage consistait en une caisse métallique inoxydable, où les denrées, enveloppées d'une pellicule cellulosique, étaient congelées rapidement.

A Madagascar également, de 1939 à 1944, cette technique fut utilisée mais l'empaquetage de la viande désossée était semblable à celui des quartiers entiers, c'est-à-dire comportait : stockinette et toile de jute. Avant le refroidissement, l'aspect du paquet était sphérique, après l'opération, ces sortes de sacs étant suspendus, ils devenaient piriforme. Ce n'était d'ailleurs pas une présentation impeccable que l'on recherchait, mais une façon commode d'utiliser au maximum le tonnage des bateaux.

Les Allemands utilisèrent aussi le procédé, et, au début, enveloppèrent de grosses masses de viande désossée dans des sortes de tissus cousus ; mais les inconvénients inhérents à la forme et à la grosseur de ces « balles » firent abandonner la méthode pour des commodités de stockage. Sous la dénomination de « brique de viande » ils préparèrent alors de petits paquets de grandeurs et de poids divers (9-10 kg., 5 kg., 2 kg., 500) ; l'emballage était de carton. La congélation se faisait par le procédé « Heckerman » utilisant un courant d'air violent à — 25°, à une vitesse de 2,5 m./sec. Elle demandait trois fois moins de temps qu'une congélation normale à — 15°.

En Russie, B.A. Wassilov a effectué dans l'entrepôt du Kladocentre à Voronège, des congélations de viande désossée et mise en bloc de 40 kg. L'opération s'effectuait dans d'énormes mouleaux de tôle et de bois.

En France, depuis 1944, la méthode a servi pour le ravitaillement de nos armées et des troupes d'occupation. L'emballage fut constitué au début par des feuilles de cellophane et du carton paraffiné, puis par des caissettes de bois. La congélation était effectuée par un courant d'air froid envoyé sur ces caisses.

La présentation, la préparation de ces viandes varient donc d'un pays à l'autre, selon les conditions économiques et la destination de ces denrées ; le principe reste toujours le même et sauvegarde tous les avantages que nous exposerons plus loin.

2° - Diverses opérations de la congélation rapide de la viande désossée, mise en caisse

L'armée a constitué des stocks de viande congelée désossée et mise en caisse dans un abattoir du Midi, entre autres. C'est dans ce même abattoir que toutes les opérations de la fabrication se sont faites, depuis le choix et l'abattage des animaux jusqu'à l'emmagasinage des viandes.Toutes les opérations devaient être conformes aux indications précises du cahier des charges fourni par l'intendance.

La fabrication a commencé le 11 décembre 1945 et s'est terminée le 31 janvier 1946. Malgré une cadence de production variable inhérente aux fluctuations des arrivages de bétail, il a été entreposé 1739 caisses.

Voyons les opérations successives qui caractérisent cette technique :

A. — Choix du Bétail.

Le choix du bétail pour la congélation envisagée ne diffère en rien de celui effectué pour une congélation en quartiers. Les animaux peuvent être des bœufs, taureaux, vaches ou génisses à condition d'être bien con-

formés, parfaitement sains, en bon état musculaire et d'engraissement, et d'appartenir au minimum à la deuxième qualité.

Avant l'abattage, les bovins sont mis au repos pendant 24 heures durant lesquelles ils ne reçoivent aucune nourriture solide, mais sont abondamment abreuvés. On élimine ainsi tous les animaux dont la chair est surmenée et impropre à la conservation, même par le froid.

L'entreprise étant sous les dépendance de l'armée, aucun animal n'est employé à la congélation s'il n'a d'abord été examiné sur pied par le vétérinaire militaire attaché à l'usine.

Les animaux acceptés sont marqués avant l'abattage ; ainsi élimine-t-on tout animal malade, porteur de traumatismes, trop maigre ou trop jeune, la limite inférieure d'âge admise étant de 18 mois.

B. — Abbatage - Dépouillement - Habillage.

Comme pour toute viande destinée à être conservée, la saignée, le dépouillement et toutes les opérations suivantes sont faites avec le maximum de propreté.

La saignée normale, favorisée par la suspension de l'animal par un membre postérieur, est pratiquement complète. Tout animal « écoffré » est éliminé.

Les ouvriers chargés des manipulations sont habillés de vêtements propres et munis de linges également propres. Les viscères sont immédiatement enlevés et transportés hors du hall d'abattage en ayant soin de ne pas souiller la carcasse de leur contenu.

Ces carcasses sont divisées en deux moitiés par une section longitudinale de la colonne vertébrale, pratiquée à la scie pour éviter d'endommager les tissus par des esquilles d'os.

La moelle épinière, les rognons, la hampe, l'onglet, la queue, les masses de graisse formant pelote à l'intérieur du bassin, sont enlevés.

Les grandes cavités sont asséchées.

Des pressions, avec le linge propre, sont exercées sur les vaisseaux sanguins pour les vider entièrement des caillots qui pourraient y être demeurés ; la plaie de saignée est soigneusement toilettée ; les tissus souillés de sang sont excisés largement, les jugulaires sont enlevées. Tout ceci pour qu'aucune parcelle de tissu sanguinolent ne puisse subsister et ne devienne par la suite un milieu de culture favorable à la prolifération des germes microbiens.

Les déplacements, du hall d'abattage aux diverses autres salles, ne se font que par rail aérien et par traction sur les « crosses » en évitant de toucher le muscle avec les mains.

Avec de telles précautions, on a le maximum de garantie pour recevoir dans la salle de réfrigération une viande non souillée.

C. — Désossage et Découpage.

Les demi carcasses sont amenées dans une chambre refroidie vers 0°, où elles subissent une première réfrigération. La température de la viande est ainsi abaissée aux environs de + 5°. C'est à ce moment-là que vont commencer le découpage et le désossage.

La viande en quartiers est amenée par rail aérien de la salle de réfrigération à la salle de désossage adjacente.

Cette dernière, située près du tunnel frigorifique, est propre, rationnellement éclairée et climatisée, ce qui assure une ventilation normale et une protection efficace contre les mouches. La température qui devrait théoriquement y être la même que celle de la chambre de réfrigération, est contrôlée par un thermomètre enregistreur.

Patiquement elle ne dépasse jamais + 12°.

De grandes tables en bois dur et lisse sont disposées dans la pièce.

Un descendeur mécanique dispose automatiquement les quartiers sur les tables de l'atelier.

Ici encore la propreté des opérations doit être rigoureusement observée : le local est lavé à grande eau bouillante additionnée de carbonate de soude à 5 % ; de même que tous les instruments (couteaux, etc...). Les tables de bois sont rigoureusement raclées et ébouillantées.

Quant au personnel, vêtu de blouses blanches, propres, il est astreint aux plus grands soins d'hygiène corporelle; l'eau chaude et l'eau froide sont dans la salle, à portée de tous.

a) *Découpage.*

Quoique le découpage ait lieu *dans une usine de la banlieue de Toulouse,* cette opération se fait selon la technique en usage dans les abattoirs de Paris.

Les rapports des vétérinaires des unités ayant consommé des viandes ainsi préparées, ont tous montré l'influence de la grosseur des morceaux sur la rapidité de la décongélation et l'exsudation consécutive ; en conséquence le nombre de morceaux entrant dans une caisse est réduit au minimum.

b) *Désossage.*

Le désossage s'effectue, dans la salle de découpage et par les mêmes ouvriers, en suivant les différents plans musculaires de façon à éviter au maximum la section transversale des muscles qui favoriserait la perte de jus lors de leur utilisation.

Dans ce même but les aponévroses de recouvrement des masses musculaires sont conservées intactes, tandis que les tendons, enlevés, serviront à la préparation des hachis.

D. — Mise en caisse.

a) *Description des caisses :*

Conformément aux prescriptions des services de l'Inspection des subsistances de l'Armée, les caisses dans lesquelles la viande congelée désossée est contenue, sont des parallélépipèdes en bois non résineux mesurant :

Longueur : 58 cm.

Largeur : 34 cm.

Hauteur : 17 cm.

Epaisseur des parois : 1 cm., 5.

Ce volume de l'emballage a été choisi après maintes expériences réalisées par l'armée, mais il peut être modifié dans le commerce courant.

On réduit au minimum les ruptures qui pourraient se produire et les vices de fabrication en n'utilisant qu'une seule planche pour les parois latérales ; pour les parois supérieures et inférieures, on utilise deux ou trois planches raînées et emboitées l'une dans l'autre.

La caisse est maintenue fermée par un pointage soigneux et 3 minces bandes de métal inoxydable: les «feuillards». Deux sont placées dans le sens transversal et recouvrent celle qui est dans le sens longitudinal, assurant ainsi leur immobilité.

L'armée a fixé à 9 m/m, 5 au minimum la largeur de ces feuillards et à 4/100 de m/m, leur épaisseur. Ceux qui sont placés dans le sens de la largeur sont à 15 cm. des extrémités de la caisse.

Il existe aussi des caisses dites « cloches » en carton paraffiné ou noir.

b) *Emballage :*

Les caisses de bois sec sont réfrigérées au préalable à 0° pour éviter une élévation de température de la viande à emballer.

Les caisses sont remplies de façon à ce qu'après con-

gélation, leur contenu en kilogrammes de viande nette soit de 25 kg. compte tenu des pertes par évaporation : ce qui représente 25 kg. 100 de viande fraîche comme l'ont montré les expériences poursuivies par l'armée dans une usine de la banlieue de Toulouse.

On ne met dans une caisse que des morceaux d'une même catégorie (viande à bouillir, à rôtir, saucisses ou hachis) et en nombre aussi restreint que possible en tenant compte des exigences de la découpe : en moyenne 3 morceaux de viande par caisse.

Chacun de ces morceaux est revêtu d'une feuille de papier sulfurisé ou d'une pellicule cellulosique, afin d'éviter qu'ils s'accolent entre eux pendant la congélation ce qui nuirait à la commodité de la distribution. De plus l'intérieur de la caisse est revêtu, de préférence, d'une pellicule cellulosique qu'on rabat sur l'ensemble du contenu quand le plein est fait.

Ainsi les morceaux de viande seront protégés des souillures par la caisse de bois et une double enveloppe imperméable, qui limitera aussi les évaporations, donc les pertes de poids.

Les viandes hachées sont livrées en vrac et en petits paquets de 5 kg. enveloppés de pellicule cellulosique. On met 5 paquets par caisse et on procède de la même manière que précédemment.

c) *Fermeture des caisses.*

L'opération a été décrite avec minutie dans les Instructions fournies par l'Armée aux industriels chargés de la préparation et du stockage ; même le nombre de clous y est indiqué avec précision.

Elle se ramène à une fermeture hermétique et solide au moyen de clous et de feuillards.

On a soin après cette opération de vérifier les caisses une à une, car les clous mal enfoncés ou sortant sur le côté peuvent occasionner des accidents pendant les manipulations.

Sur les caisses sont inscrits : la raison sociale de l'industriel, la catégorie de la viande contenue, le poids net, le millésime du mois et l'année de congélation.

Une bande verticale de couleur placée au milieu de chaque paroi latérale permet une identification rapide de la catégorie du contenu :

rouge — viande à rôtir.
bleue — viande à bouillir.
jaune — viande hachée.
vert — saucisses.

La fermeture peut se faire soit avant, soit après la mise au tunnel, mais les essais effectués ont prouvé qu'une épaisseur de bois de 1 cm, 1/2 diminue assez sensiblement la vitesse de congélation. La durée de celle-ci est de 20 à 24 heures, le couvercle étant posé, tandis qu'elle est réduite à 14 heures quand on ferme le couvercle après le durcissement complet de la viande.

1. — Si pour favoriser la rapidité du refroidissement, l'industriel préfère ne procéder à la fermeture qu'à la sortie du tunnel de congélation, celle-ci doit avoir lieu dans une salle dont la température est suffisamment basse pour éviter les condensations et le réchauffement de la viande (c'est-à-dire à —20°). Le gros inconvénient de cette façon d'opérer consiste dans l'incommodité des travaux effectués à cette température : les ouvriers sont alors maladroits et répugnent à travailler ainsi.

2. — Si la fermeture se fait avant la congélation à cause de l'incommodité précédente, elle a lieu soit dans une salle spéciale où la température ne dépasse pas 12°, soit là où se sont déjà effectués le désossage et l'emballage. A ce moment-là, la température moyenne de la viande varie entre + 4° et + 8° c. C'est cette méthode que l'usine a adoptée.

Dans les deux cas il faut ménager un espace entre les viandes et le plafond de la caisse ; il se produit en effet, lors de la congélation, un certain bombement des

morceaux qui peut déclouer le couvercle ou empêcher la fermeture. Cet espace est fixé à 1 cm.

d) *Nature du contenu des caisses.*

Suivant les usages culinaires auquels on les destine, les morceaux emballés sont divisés en :

1°. : viande à rôtir ou à griller.

2°. : viande à bouillir ou à braiser.

3°. : Hachis.

4°. : Saucisses.

Nous adopterons, avec l'Intendance, la dénomination utilisée dans la capitale pour désigner les divers morceaux.

1°. : *Viandes à rôtir ou à griller :*

Elles comprennent :

— Le filet à l'exception de sa partie amincie dite « queue de filet ».

— Le rumsteack, sans son aiguillette.

— Le faux-filet, après parage superficiel de la graisse sur son bord externe.

— La tranche grasse (muscles de la région antérieure du globe.

— Le tende de tranche (partie interne du globe).

— Le gîte à la noix (partie postéro-interne du globe) avec la culotte.

— Le train de côtes (après parage superficiel de son bord externe s'étendant jusqu'à la 4me vertèbre dorsale).

Nous aurons donc 14 morceaux de viande à rôtir pour un animal entier.

2°. : *Viandes à bouillir ou à braiser.*

Elles comprennent :

— Le gîte-gîte (partie charnue de la jambe).

— Le nerveux du gîte à la noix (partie inférieure du gîte à la noix).

— La bavette d'aloyau avec le flanchet (en totalité).

— L'aiguillette de rumsteack.

— Le plat de côtes en entier.

— La poitrine en entier.

— Le collier en entier sans le ligament cervical.

— Le paleron (membre antérieur depuis le cartilage de prolongement du scapulum jusqu'au carpe.

— La surlonge.

Nous aurons 18 morceaux de viande à bouillir par animal.

3°. : *Viande hachée et saucisses.*

Les viandes hachées sont livrées soit en vrac, soit en saucisses. Elles sont constituées par tous les autres morceaux de la carcasse et les débris de parage : queue de filet, hampe, onglet, graisse de rognon et de panse, tendons, ligaments etc... Après un broyage soigneux au broyeur à grilles de 5 m/m. qui éliminera de la conservation les débris trop gros et résistants, le hachis est recueilli dans des récipients entièrement métalliques, assaisonné, et mis à macérer à la température de 0° - — 2° c.

L'armée exige une proportion de graisse de 20 %.

E. — Prérefrigération.

Dès l'emballage fini, les caisses hermétiquement fermées, la viande est prête à être congelée.

Les caissettes sont placées dans un appareil spécial qui les dispose automatiquement les unes sur les autres dans des bâtis métalliques suspendus à un rail aérien. Ces sortes de « paniers » sont conçus de telle sorte qu'un espace assez grand existe entre les caisses superposées.

L'ensemble est amené dans une salle de préréfrigération dont la température ne dépasse pas + 5° c.

Il est à remarquer que toutes les manipulations, depuis l'abattage jusqu'au stockage, se font par rail aérien, donc

très rapidement. Les différentes pièces où séjourne la viande sont contiguës. (salle de préréfigération, salle de désossage, d'emballage, tunnel de congélation, chambre de stockage).

Ces précautions réduisent au minimum les réchauffements de la denrée.

F. — Congélation rapide (proprement dite).

a) *Matériel employé.*

L'usine qu'utilisa l'armée produit du froid par des machines à compression d'ammoniaque d'une puissance totale de 1.180.000 F.H.

Deux tunnels de congélation, attenant à la salle de préréfrigération, servent à la congélation rapide des viandes désossées ; on peut y loger 15 tonnes en caisses.

La vitesse de l'air y est environ de 3 mètres/seconde et la température abaissée à — 25° — 35°.

b) *Technique de la congélation.*

1°. — *Préparation du tunnel.* — Les caisses placées dans les « paniers » arrivent dans le double tunnel où elles sont alignées suspendues au rail.

L'espace qui existe autour de chaque caisse permet au courant d'air froid de se faire sentir sur toutes les faces de l'emballage, et favorise une congélation plus rapide.

Si on ne dispose pas de ces paniers spéciaux, les caisses doivent être placées de façon à ce que l'air puisse passer à grande vitesse entre elles :

— 1°. — Elles seront disposées sur des chariots à claire-voie et à plusieurs étages, roulant sur le sol, en laissant un espace suffisant pour la circulation de l'air. La congélation terminée, les chariots sont sortis du tunnel.

— 2°. — Ou bien seront placées en piles sur des sous-traits ; ces piles sont formées en quinconces.

Le tunnel étant rempli, on le ferme et on met les ventilateurs en marche : le courant d'air à — 35° passe entre les caisses et favorise la pénétration du froid.

La vitesse est en moyenne de 3 m/sec.

La durée de la congélation varie suivant la nature de l'installation ; elle est, en général, de 20 à 24 heures pour les caisses fermées avant l'opération.

Vérifications durant l'opération.

Les officiers chargés de la surveillance, suivent de près la congélation, en procédant à des relevés quotidiens de température dans les tunnels.

La température est suivie sur les graphiques des thermomètres enregistreurs eux-mêmes fréquemment contrôlés à l'aide de thermomètres ordinaires. Ces appareils sont placés au milieu et aux extrémités du tunnel et on retient seulement la moyenne de température.

On vérifie également le degré de congélation de la viande à l'intérieur des caisses, à la fin de l'opération. Pour cela on utilise le procédé recommandé par le Service des Subsistances dans ses instructions.

Une sonde creuse est enfoncée dans un morceau de viande avant d'actionner les ventilateurs ; cette sonde est composée d'un tube métallique circulaire et creux dont le diamètre intérieur est d'environ 9 m/m et la longueur 10 c/m. Un écrou est placé à sa partie supérieure pour faciliter son retrait après congélation. L'autre extrémité, affilée en pointe, facilite la pénétration dans la viande.

Cette sonde doit être rigoureusement étanche pour ne pas laisser échapper la moindre parcelle du liquide incongelable dont on va la remplir (huile ou alcool).

Les mesures sont faites avec un thermomètre gradué pouvant descendre au moins à la température habituelle des tunnels.

Quand on estime que la congélation à cœur est suffisante, on place, pendant quelques minutes, l'ampoule du thermomètre dans l'alcool ou l'huile.

L'opération est terminée quand on a constaté à l'intérieur des morceaux un abaissement de température allant jusqu'à — 6°. En pratique, il suffit, tenant compte de la conductibilité du métal de la sonde, de lire une température de — 5°.

Cependant il est indispensable de laisser quelques caisses ouvertes pour utiliser ce procédé ; or la congélation, ainsi obtenue dans ces caisses ouvertes, est plus rapide : les résultats sont faussés.

On peut aussi apprécier le degré de congélation par une coupe à la scie en plein cœur du morceau de viande, dans la partie la plus épaisse ; la masse doit être complètement durcie. Ici aussi il est nécessaire de laisser une caisse ouverte ou d'en ouvrir une à la fin de l'opération ; de plus on ne connaît pas la température exacte des denrées.

Le système le plus simple, le plus précis et le meilleur consiste à faire au vilebrequin, dans la caisse fermée, un trou de 15 cm. de profondeur dans lequel on place le thermomètre. Ce procédé donne de bons renseignements sur la température interne de la viande, il évite au maximum les erreurs de lecture.

Inconvénients de la technique.

La technique n'est pas sans présenter quelques inconvénients auxquels il est possible de remédier.

Dans le cas où la fermeture des caisses précède la congélation, la nécessité de laisser un certain intervalle entre le couvercle et les paquets de viande, peut ralentir la durée de l'opération. Ces intervalles existent aussi entre les morceaux de viande qui n'adhèrent pas parfaitement les uns aux autres. L'air forme ainsi une sorte de matelas isolant, occasionant une congélation non homogène. Il est pourtant à noter que durant le refroidisse-

ment, le gonflement réduit considérablement les espaces vides.

On remédie partiellement à cet inconvénient en ne laissant aucun vide entre les morceaux lors de l'emballage et en ménageant un vide juste suffisant sur les paquets de viande : 1 cm.

Dans une usine du Massif Central, autre centre de congélation rapide choisi par l'armée, où les opérations ont été faites dans les mêmes conditions que précédemment, les sondages effectués, révélèrent que la congélation à cœur n'est pas toujours atteinte dans les tunnels malgré une température de — 35° en fin d'opération et une durée de 20 heures. Au centre des morceaux, la température n'est que de — 2° : la congélation complète s'effectue ensuite en 24 heures dans les chambres de stockage.

On n'a pas cet ennui, si la fermeture de l'emballage ne se fait qu'après la congélation. Mais on est obligé de faire travailler les ouvriers à une basse température : le travail est alors moins bien fait, moins précis et plus lent. Au point de vue économique, le résultat est le même, le surplus de travail demandé aux ouvriers, compensant une durée plus longue de congélation.

C'est d'ailleurs cette dernière solution qu'on a préféré en portant la durée du refroidissement dans les tunnels à 34 heures, utilisant ainsi une marge de sécurité suffisante.

Cependant ce dernier cas ne peut être considéré que comme un cas isolé.

G. — Stockage.

La congélation terminée, la fermeture des caisses est vérifiée, car certaines planches peuvent avoir été soulevées par la pression de la viande, si un espace suffisant n'a pas été ménagé.

Puis les caisses sont envoyées directement aux salles

de stockage, tous jours par rail aérien ou par ascenseur, sans quitter le bloc frigorifique de l'usine.

Les salles de stockage sont convenablement aérées et on y maintient une température uniforme de — 14° qui préserve surtout des risques de décongélation et de développement des moisissures. Les caisses sont empilées sur des chevrons, en blocs compacts, pour éviter au maximum les déperditions de froid. De plus elles sont adossées aux gaînes d'air qui servent à la réfrigération de la salle.

Le service des subsistances ne permet qu'une durée d'emmagasinage de 9 mois au maximum.

H. — Expéditions.

Jusqu'à présent les caisses préparées n'ont pas eu à subir de transport et sont restées stockées à l'usine.

Comme toute viande conservée par le froid, ce transport nécessite un véhicule isotherme pour les grandes distances (wagon - camion - cadre).

Pour les livraisons rapides, ou quand la distribution aux unités ne permet pas de disposer de véhicules spécialisés, on peut utiliser un camion ordinaire en ayant soin de protéger les caisses, du soleil et de la pluie, par une bâche.

De toute manière, les séjours en dehors des chambres froides exigent de grandes précautions ; autant que possible la « chaîne frigorifique » ne doit pas être interrompue.

3° - Importance totale des fabrications

Il serait intéressant du point de vue documentaire de connaître les quantités de viande congelée fabriquées dans les divers centres, les rendements et les différents pourcentages obtenus. Malheureusement, les tableaux

dressés par l'Armée ne peuvent être divulgués. Nous nous contenterons à titre d'exemple de considérer l'importance des fabrications dans la région toulousaine.

Il a été préparé au cours d'une campagne de 3 mois, malgré les interruptions assez fréquentes dues au manque de bétail :

681 caisses de viandes à rôtir .....17.025 kg.
948 caisses de viandes à bouillir .....23.700 kg.
50 caisses de viandes hâchées ..... 1.250 kg.
60 caisses de saucisses.

Au total 1.739 caisses, soit 43.475 kg.

Aucune des caisses n'a été refusée.

Rendement.

Poids total de la viande en quartier mise en œuvre			57.257 k.
Pertes par réfrigération..	393 k.	total	13.608 k. 1
Os et déchets à déduire...	13.215 k. 1		
Poids total de la viande désossée à congeler...			43.648 k. 9

La perte par congélation étant de 100 grs par caisse, il faut déduire :

1.739 caisses × 100 gr. = 173.900 gr. .... 173 kg. 9

Poids total des caisses à 25 kg. .....43.475 kg.

Pourcentage des catégories de viande désossée sur l'importance totale des fabrications.

Viande à rôtir	17.025 kg.	39,16 %
Viande à bouillir	23.700 kg.	54,51 %
Hâchis	1.250 kg.	2,88 %
Saucisses	1.500 kg.	3,45 %
		100,00 %

4° - Avantages de la congélation rapide de la viande désossée, découpée et mise en caisse

Ils sont multiples :

protection de la viande contre les souillures ;
possibilité d'une bonne présentation ;
avantages économiques ;
possibilités de conservation avec des moyens de fortune ;
commodités d'utilisation, en particulier, faculté de ne pas décongeler.

Il y a lieu de souligner d'abord :

A. - La protection assurée de la viande contre les souillures et les réchauffements trop brusques

Une viande destinée a être conservée par le froid, comme d'ailleurs tout autre denrée doit être confiée au frigorifique dans un état impeccable de propreté... Les basses températures, en effet, plongent simplement les microorganismes dans un état de vie latente. Ainsi, à la décongélation, un aliment souillé pendant les opérations préliminaires sera le siège d'une infection.

Pour éviter toute souillure durant le désossage, le découpage et l'empaquetage, le Service de l'Intendance exige pour les ouvriers des blouses et des tabliers blancs, ainsi que des vêtements propres ; pour les instruments de travail (couteaux, tables, etc...) une propreté absolue.

Il prescrit de plus :

La désinfection et le nettoyage à grande eau des locaux d'abattage, de désossage et de stockage, l'enlèvement immédiat des viscères et des onglons après abattage, l'essuyage, au cours de l'habillage, de toutes les souillures de la carcasse. Les transports de ces carcasses par rail aérien et non à dos d'homme évitent encore beaucoup de pollutions.

Durant le stockage, la température (— 16° environ),

est toujours suffisante pour empêcher la flore habituelle des moisissures de se développer.

A la décongélation, nous avons déjà vu que les produits étaient protégés par des empaquetages dans le procédé Birdseye, ou des sacs de latex (procédé Hoveman).

Ici la protection est fournie par une caisse de bois ou de carton complétée par une feuille de Cellophane autour de chaque morceau de viande et une deuxième enveloppant le total des paquets...

Cette Cellophane (on emploie aussi le papier sulfurisé qui a les mêmes avantages) inodore, insipide, non toxique est imperméable à l'air, aux odeurs et aux liquides exsudés ou venant de l'extérieur. Elle réalise une protection efficace renforcée par le bois ou le carton rigides et résistant aux influences mécaniques.

Cet avantage, très important en matière d'industrie privée, ne l'est pas moins pour le ravitaillement des armées en campagne.

En effet, les quartiers utilisés autrefois, étaient transportés par des moyens de fortune, le plus souvent par des camions non bâchés, ouverts à tous les vents, sur des chemins défoncés et poussiéreux. On put voir aussi arriver des viandes sales, suintantes, recouvertes d'un véritable enduit de boue, conglomérat de poussière et de sérosités.

Bien démonstratif est l'exemple d'une distribution faite par l'Inspection des Subsistances, après 40 km. de trajet en camion et un stationnement en pleine chaleur.

Au départ, à 9 h. du matin, 3 quartiers de devant, 2 quartiers de derrière et 7 caisses de viande composaient le chargement de « frigo » d'un camion. Il ne put être contrôlé qu'à 18 h. 30: les 5 quartiers malgré la protection de l'enveloppe de mousseline étaient décongelés sur5 cm de profondeur, le jus s'écoulait et la viande était salie. Au contraire, les 7 caisses étaient intactes, et les denrées recouvertes de givre étaient toujours congelées, à tel point qu'il était impossible de faire pénétrer la pointe d'un couteau.

B. - Possibilité d'une bonne présentation

L'emballage actuel fait de bois ou de carton, complété par la Cellophane peut être considéré, en France, comme un gros progrès réalisé dans la présentation des denrées alimentaires congelées.

De nombreuses expériences, réalisées par l'Inspection des Subsistances, ont permis d'étudier la résistance respective des caisses de bois, des cartons paraffinés et des cartons non paraffinés. Cette résistance lors de la décongélation assure l'intégrité de l'emballage, la facilité des manutentions et une présentation correcte.

1re *expérience* (1-9-45) — *Cartons non paraffinés et cartons mal paraffinés.*

25 cartons de viande congelée sont retirés de la chambre de stockage à — 15° et déposés dans un local à température ordinaire. Certains sont paraffinés intérieurement, les autres n'ont subi aucune préparation préalable. L'entreposage de ces viandes ayant été fait à — 15° ; aucune décongélation n'était donc à craindre au départ.

Les caisses, formant bloc, sont disposées directement sur le sol et contre le mur ; six thermomètres à mercure et une sonde thermo-électrique sont placés à demeure à l'intérieur de divers emballages.

Aussitôt le bloc constitué et les thermomètres mis en place, les températures relevées varient entre — 13° et — 17°.

Cinq jours après, le 5 septembre, a lieu un prélèvement de 10 cartons ; les températures relevées à ce moment-là oscillent entre — 2° et + 10°, suivant la position des caisses dans le tas, les plus superficielles se décongelant plus vite. Les cartons ne se sont nullement déformés et gardent leur forme géométrique malgré l'imbibition par l'exsudat de décongélation des cartons non paraffinés ; au contraire les cartons paraffinés sont à peu près intacts malgré une application irrégulière.

Le 6me jour, on remarque que le bloc reformé n'a plus son bel aspect régulier et géométrique du début, mais tend à s'affaisser petit à petit. De plus les caisses inférieures baignent dans le jus exsudé, ce qui fait craindre une mauvaise conservation du contenu.

Ce jour-là, 5 caisses sont prélevées du tas qui est ensuite regroupé : cette fois encore les cartons paraffinés sont en meilleur état que les autres complètement détrempés.

Le paraffinage interne a pourtant un inconvénient grave : la paraffine se rassemble en grumeaux et se colle à la viande quand l'enveloppe de papier sulfurisé s'est déchirée, lui communiquant ainsi un aspect peu engageant.

Au 3me prélèvement, le 7 septembre, la pile de caisses est complètement affaissée et baigne littéralement dans une mare de liquide. Les derniers emballages, quoique paraffinés, sont complètement détrempés et leurs coins se sont ouverts.

On constate de plus que les feuillards et les agrafes se sont rouillés, d'où la nécessité de les prévoir en métal inoxydable.

Quoique la viande, dans tous les cas, soit parfaitement consommable, elle serait invendable dans le commerce en raison de sa présentation défectueuse ; l'armée n'y trouve pas non plus son compte, les manipulations de ces cartons étant devenues très difficiles.

2me *expérience* (14-12-45) – *Cartons paraffinés intérieurement. Caisses de bois.*

On utilise des cartons paraffinés intérieurement par le fabricant pour pallier aux inconvénients de l'essai précédent.

A même le sol, on constitue un bloc homogène de 10 cartons et de 2 caisses de bois dans un local à température ordinaire.

— Le 19, soit 5 jours après le début, on prélève 3 cartons et 1 caisse ayant plusieurs faces à l'air libre, donc plus exposés à la décongélation.

Sur les 3 cartons on peut constater un paraffinage parfait, mais ceux qui étaient placés inférieurement dans le tas ont leurs parois mouillées ; il en est de même de la paroi inférieure de la caisse de bois.

— Au deuxième prélèvement de 4 cartons on peut faire les mêmes constatations que précédemment : les cartons supérieurs sont intacts, tandis que les inférieurs présentent quelques coins endommagés et au moins une face imbibée se déchirant facilement.

Le bloc risquant de baigner dans le jus, comme à l'expérience N° 1, on place des sous-traits sous la pile restante.

— Le 3me prélèvement portant sur les quatre derniers emballages, dont 1 caisse de bois, est effectué le 29 décembre. Les cartons ont quelques déchirures dans les parties imbibées, et la caisse présente une face inférieure détrempée.

Cette expérience réalise donc un progrès sur l'expérience précédente, grâce à un paraffinage meilleur. Toutefois le carton, comme le bois imprégné de sérosité, est devenu ainsi exposé aux déchirures.

3me *expérience* (15-2-46 — *Paraffine incorporée à la pâte à carton.*

12 cartons, dont le paraffinage spécial a été effectué en incorporant la paraffine dans la pâte, sont utilisés dans les mêmes conditions. Les parois se révèlent d'une étanchéité parfaite et gardent ansi leur rigidité : le givre formé sur les cartons et transformé en eau, est resté en place pendant deux jours, ce qui prouve suffisamment leur imperméabilité totale.

Deux prélèvements succesifs sont réalisés et au 2me, le 23 février, on remarque que même les fonds des car-

tons sont restés intacts malgré une exsudation abondante de la viande. La pile entière a gardé sa forme géométrique et les emballages ne sont plus exposés aux déformations de mauvais aloi et aux déchirures qu'on avait remarquées lors des expériences précédentes.

De plus le paraffinage spécial permet aux sérosités résultant de la décongélation de s'échapper par les encoignures des cartons. Au contraire un paraffinage interne, comme dans l'expérience précédente, empêche le jus de s'écouler et les viandes stagnent dans le liquide.

Ce dernier essai très satisfaisant a permis de trouver l'emballage extérieur, répondant aux exigences d'une conservation assez prolongée à une température normale et à la nécessité d'une présentation correcte.

Cependant en raison de la mauvaise qualité des cartons fournis, l'armée a préféré jusqu'à présent utiliser les caisses de bois.

Le Vétérinaire-commandant Hénaff, du Service des Subsistances réalisa une mise au point dans le but d'éviter les ruptures qui se produisaient durant les manipulations et obligeaient à utiliser le contenu immédiatement.

Ces emballages en bois, outre une plus grande résistance aux chocs, présentent une rigidité qui empêche les déchirures et les affaissements à la décongélation. Toutefois leur face inférieure reste toujours humide et ils sont 3 fois plus lourds que les cartons.

En définitive, il semble que les cartons de bonne qualité, spécialement paraffinés (3me expérience) rallieront tous les suffrages, quand leur utilisation en grand sera possible.

Ces conclusions valent pour le commerce privé comme pour l'armée ; un carton mouillé et déformé, une caisse éclatée sont imprésentables et invendables, tandis qu'un produit correct dans un emballage propre, sec et même élégant est toujours apprécié par l'acheteur.

Au surplus la présence de l'emballage et le stockage

à basse température empêchent l'apparition de couleur brune si féquente sur la viande, en retardent la formation de méthémoglobine. On aura donc une denrée d'une couleur plus naturelle et plus engageante.

C. - Avantages économiques

La méthode permet :

L'Utilisation des déchets du désossage et du parage (débris de viande, tendos, os, graisses).

Dans l'ancien procédé utilisé par l'armée et le commerce civil, la présentation en quartiers congelés ne permettait pas au cuisinier ou au boucher de récupérer tous les déchets faits lors du parage et du désossage. Une certaine quantité de viande et de graisse était mal utilisée ou perdue.

Au contraire, dans la nouvelle technique, tout est récupéré et préparé.

Les débris de viande trop petits pour être mis en caisse (leur décongélation serait trop rapide), la hampe, l'onglet, les graisses de rognon et de panse, même les tendons, sont recueillis et passés au broyeur à grille.

Le hachis obtenu se présente sous deux formes : en paquets de 5 kg. enveloppés de Cellophane ou en saucisses.

Leur mise en caisse et leur congélation se font comme pour les viandes en morceaux.

Les os, eux-mêmes, qui ont été retirés à l'usine, peuvent être utilisés sur place, alors qu'ils formaient auparavant un énorme déchet.

Les graisses souvent trop abondantes sur les quartiers congelés sont incomplètement utilisées par le cuisinier, tandis que dans les caisses de viande la matière grasse est réduite au strict nécessaire. Le reste est incorporé au hachis dans la proportion de 20 %.

En résumé, la récupération des déchets est un avantage économique certain du procédé.

Une plus grande capacité de stockage.

Tandis que les carcasses ou les quartiers exigent, au stockage, une place immense en raison de leur conformation, la viande désossée est logée dans une caisse à un volume réduit au sien propre, les espaces vides étant négligeables.

De plus, on réalise un gain de place appréciable en entassant les uns sur les autres des emballages égaux et de forme géométrique ; aucun vide n'existe entre eux. Il n'en est pas ainsi des carcasses, même étroitement accolées.

On peut toujours objecter que le volume de l'emballge équivaut au volume des os enlevés. En réalité les chiffres prouvent suffisamment le contraire :

On peut loger dans un mètre carré 330 kg. en quartiers de bœuf congelé, ce qui représente 250 kg. de viande consommable, tandis que, selon le Vétérinaire Commandant Hénaff, 500 kg. seront aisément entassés s'il s'agit de viande désossée en caisse. (20 caisses contenant 25 kg. de viande consommable). Dans une chambre de stockage de 300 m³ utile on logera donc :

$300 \times 250 = 75.000$ kg. de viande en quartiers.

$300 \times 500 = 150.000$ kg. en viande désossée.

soit le double.

La conservation des caisses de viande congelée permet un énorme gain de place lors du stockage grâce au peu de volume que nécessitent les emballages eu égard à leur poids.

Une économie de transports.

Les carcasses étant réduites aux seules parties consommables et présentées sous le plus petit volume possible, on va en retirer des avantages certains au point de vue transports.

Des expériences, avec des caisses de viande congelée pratiquées sur des wagons de la S.T.E.F., montrent que la capacité utile de chargement au mètre cube est :

— pour la viande en quartiers réfrigérés, de 150 kg., soit 112 kg. 500 de matière consommable.

— pour la viande en quartiers congelés, de 300 kg., soit 225 kg. de matière consommable.

— pour la viande désossée et congelée en caisse, de 700 kg. qui restent 700 kg. consommables.

La différence est énorme et la conclusion s'impose d'elle-même. C'est d'ailleurs pour économiser leur tonnage que les Américains avaient désossé et emballé les viandes congelées destinées à leurs troupes. L'avantage serait aussi certain pour le transport de nos viandes coloniales (Madagascar, Afrique du Nord) dont les carcasses sont souvent maigres et osseuses: on aurait l'avantage de réduire le tonnage sans transporter de matières inconsommables.

On peut rétorquer seulement que le poids de la caisse de bois compense le poids des déchets. Pour une caisse contenant 25 kg. de viande, le bois pèse environ 3 kg. On n'a donc que 12 % du poids transporté inutilement, alors que souvent le déchet d'une carcasse s'élève à 22 - 30 %.

Au surplus, comme on l'a vu, le bois peut être remplacé par des boites de carton spécialement paraffiné, 3 fois plus légères et, malgré tout, assez solides : le poids de l'emballage est dans ce cas réduit à 1 kg., ce qui correspond à 4 % seulement du tonnage.

On peut d'ailleurs prévoir pour d'autres denrées que la viande et pour des paquets plus petits, des enveloppes cellulosiques ou de fibre, d'un poids négligeable.

Cette économie de transport est un des plus gros avantages de la congélation des viandes désossées. Elle nous est d'autant plus sensible que notre flotte frigorifique est à peu près inexistante et nos transports spécialisés par chemins de fer très affaiblis.

La facilité des manutentions complète la série.

Les caisses ou les cartons relativement légers (25-30 k.), peu volumineux et d'une forme parallélipipédique sont faciles à saisir et les manipulations diverses peuvent être faites dans l'armée par des hommes de troupe non spécialistes, d'où un gain de temps.

Au contraire les quartiers congelés sont lourds et encombrants, difficiles à porter, nécessitant des spécialistes et un travail plus long.

Cependant, que l'on emploi caisses ou cartons, il est nécessaire que ces emballages soient bien conditionnés. Une caisse déclouée ou brisée exige de grandes précautions dès qu'on la manipule ; un carton mouillé, qui s'écrase, perd sa rigidité et, par suite, sa forme géométrique est impossible à maintenir par les feuillards sans qu'il s'affaisse et se déchire : on est obligé de passer les avant-bras sous le fond suintant, afin que le poids de la viande ne le détache pas des parois.

Ces inconvénients étant éliminés par une fabrication soignée, l'emballage permet des opérations plus rapides. Le Vétérinaire-Commandant Hénaff a estimé, après ses expériences, que deux wagons chargés, l'un de 9.576 kg. de viande en quartiers, l'autre de 9.769 kg. de viande en caisse, pouvaient être déchargés respectivement en 1 heure 15 et 45 minutes. Le gain de temps est donc appréciable au déchargement des caisses.

⁂

La viande congelée en caisse offre d'autres avantages économiques qui, pour être moins importants, ne sont pas à dédaigner.

a) Les possibilités de remplissage du tunnel en caisses sont supérieures d'au moins 20 % par rapport aux carcasses.

b) Le stockage était relativement aisé, il est avantageux de constituer des réserves et pour cela d'effectuer

les achats de bétail au moment où il est le meilleur marché du 1er août au 1er janvier, réalisant un bénéfice de 15 à 20 % sur le prix d'achat.

Etudions maintenant les :

D. - Possibilités de conservation avec des moyens de fortune

Un des principaux avantages pour l'armée réside encore dans la possibilité d'une conservation assez longue, de la viande après la distribution et avec des moyens de fortune : elle reste propre et ne se décongèle que très lentement à la température ordinaire.

Un local frais et sec convient très bien aux caisses empilées d'une manière homogène. La forme parallélipipédique des emballages, permet de ne pas laisser d'espace entre les différentes unités ; on place le tout contre un mur. Les déperditions de chaleur sont ainsi réduites au minimum, la masse compacte de l'ensemble réalisant un volant de froid suffisant pour être conservé pendant 4 ou 5 jours, même avec une température extérieure allant jusqu'à 20°.

Il faut pourtant réaliser les conditions suivantes :

— ne laisser aucune fissure qui faciliterait la circulation de l'air dans la masse.

— entasser des caisses en quantité suffisante.

On peut augmenter encore la durée de conservation en entourant le bloc ainsi formé de matières isolantes : paille, paillasse, d'une épaisseur de 10 cm.

Des sous-traits sont placés sous la masse et le vide inférieur ainsi formé est bourré de paille : ce dispositif a, de plus, l'avantage de ne pas laisser les caisses du bas baigner dans les liquides exsudés. On ne doit tasser la paille que modérément de manière à former un matelas d'air empêchant mieux les échanges thermiques.

La conservation durant les transports peut aussi être

assurée pendant quelques jours, même dans des wagons simplement isothermes.

En 1945, *les vétérinaires militaires de l'Inspection des Subsistances* firent à ces divers sujets (stockage et transports) des expériences intéressantes et démontrèrent que le refroidissement se faisait très lentement, certaines précautions étant prises.

Les observations que nous avons relatées dans un paragraphe précédent (Protection de la viande contre les souillures) nous ont déjà montré l'influence heureuse de l'emballage sur la décongélation. Tous les autres travaux effectués nous prouvent, la supériorité du procédé, à ce point de vue, par rapport à la viande en quartiers.

Le Vétérinaire-Commandant Hénaff s'étant mis dans les conditions où serait placée une unité militaire qui aurait à conserver une certaine quantité de viande, livrée par le Service des Subsistances, c'est-à-dire: caisses réchauffées par le voyage, locaux souvent trop grands pour une trop petite livraison, chambres de conservation trop chaudes et température extérieure pouvant être très élevée, voici le rapport qu'il établit :

Le 4 mai, 28 caisses sont retirées du magasin où elles étaient conservées à — 10° et transportées en camion sur les lieux de l'essai : une chambre fraîche aménagée dans d'anciennes fortifications...

« Au cours des manipulations une caisse contenant de la viande hachée se casse : une planche de l'extrémité s'enlève : elle servira de témoin par rapport aux autres qui sont intactes.

Les caisses empilées les unes sur les autres forment un rectangle d'environ 2 m. × 1 m. × 1 m. 20. Le tout est recouvert de vieilles paillasses représentant une couche isolante de 30 à 40 cm. d'épaisseur.

Les caisses sont posées directement sur le sol en ciment.

La pile se trouve dans une encoignure de la chambre dont les dimensions sont approximativement 4 × 4 × 4

(cf. figure) : elle occupe donc une place infime dans la pièce. La chambre est isolée sur deux faces : face supérieure recouverte par 2 mètres de terre, face sud isolée par une autre chambre ; les autres faces sont simplement séparées de l'extérieur par des murs épais. Cette chambre se trouve sur le même plan que la cour : on ne peut donc pas la comparer à une cave où la température reste certainement plus fraîche et plus constante.

Les températures sont prises le matin vers 9 heures : les 4, 8, 11 et 14 mai dans la cour de la caserne (à l'ombre et au soleil), dans la chambre et dans les caissons.

4 Mai :

température extérieure + 7°. Temps couvert et humide.

température de la chambre : + 9°.

température d'une caisse (64 × 36 × 18) viande à bouillir = — 3°. 7.

température d'une caisse (40 × 27 × 36) viande hachée) = — 4°. 7.

température d'une caisse (40 × 27 × 36) viande hachée = — 4°. 5.

température d'une caisse cassée (64 × 36 × 18) viande hachée = — 4°.

5 Mai : température extérieure : + 7°. Temps couvert et humide.

6 Mai : température extérieure : ?. — Temps chaud et orageux.

7 Mai : Température extérieure : ?. — Temps très chaud.

8 Mai : température extérieure à l'ombre : + 17° ; au soleil + 22°. Temps très chaud.

température de la chambre : + 12°.

température d'une caisse viande hachée (64 × 36 × 18) (sur la pile) = — 3°.

température d'une caisse viande bouillie (64 × 36 × 18) (2me rang) = — 3°.

température d'une caisse viande hachée (caisse cassée) (2me rang) = — 1°. 5.

9 Mai : temps très chaud.

10 Mai : temps très chaud : une caisse étant ouverte, la viande est couverte de glace.

11 Mai : temps très chaud.

température extérieure à l'ombre : + 21°. 5.

température extérieure au soleil : + 26°. 5.

température de la chambre : + 15°.

température d'une caisse viande hachée : — 3°.

température d'une caisse viande bouillir : — 1°. 2.

température d'une caisse cassée : + 1°.

La caisse ouverte le jour précédent est toujours couverte de glace.

12 Mai : temps très chaud.

13 Mai : temps très chaud.

14 Mai : temps très chaud.

température extérieure à l'ombre : + 21°.

température extérieure au soleil : + 27°.

température de la chambre : + 19°.

températ. caisse ouverte (couche supérieure) : — 0°. 5

températ. caisse cassée (couche supérieure) : + 10°.

températ. caisse viande hachée (couche supérieure) : + 9°. 5.

températ. caisse viande bouillir (couche supérieure) : + 7°.

températ. caisse viande à bouillir (couche moyenne) : — 1°.

températ. caisse viande hachée (couche moyenne) : 0°

températ. caisse viande à bouillir (couche inférieure) : — 1°. 2.

Pendant les 8 derniers jours de l'expérience la température extérieure a dépassé 30° à l'ombre vers 14 heures.

L'essai est arrêté le 14 en raison de la température observée dans certaines caisses.

La distribution se fait de la façon suivante :

1°. — Caisse de viande hachée ouverte depuis le début, distribuée sur place... ».

« ...La viande hachée est préparée en boulettes. Les trois paquets se trouvant près de l'extrémité cassée présentent une légère odeur ammoniacale, un aspect poisseux : la viande colle au papier qui l'enveloppe. Ces trois paquets pesant environ 6 kg. sont éliminés de la consommation. Le restant est intact et consommé le soir même.

2°. — La caisse de viande à bouillir ouverte est distribuée. Viande décongelée en surface, mais non en profondeur : cristaux de glace entre les morceaux au centre de la caisse : viande en très bon état, consommée le lendemain.

3°. — Une caisse de viande à bouillir prise sur le dessus de la pile et se trouvant à + 10° est livrée. La viande est complètement décongelée avec un léger relent, mais consommable.

4°. — Caisse de viande hachée se trouvant à + 9°. 5, prise sur le dessus de la pile. Viande décongelée, mais en très bon état. Consommée dès le lendemain.

Les autres caisses sont transportées au frigorifique le soir même, 14 mai : elles seront mises en distribution le 16.

Seules les caisses cassées ou celles se trouvant sur le dessus de la pile ont été mises en distribution le 14. La viande de deux d'entre-elles a dû être consommée le même soir, les autres le lendemain matin.

Etant donné que dans la journée du 14 les caisses ont été découvertes pendant plusieurs heures on peut admettre que, à part la caisse cassée et contenant de la viande hachée, les caisses auraient pu être gardées jusqu'au 15 au matin.

Seules, les caisses du dessus sont décongelées et le thermomètre indique une température de + 7° à — 10° à l'intérieur. Les autres caisses situées au-dessous sont à une température de 0° ou au-dessous.

Les diverses prises de température ont fait perdre un volant de froid considérable : la porte d'entrée étant une porte ordinaire a permis un réchauffement rapide du local (+ 9° le 1er jour ; + 19° le 10me jour). On peut admettre que dans une cave à température constante et aux environs de 12°, de petites dimensions, et en réduisant au minimum les manipulations, la durée du temps de conservation peut être doublée.

D'autre part, l'essai devrait se faire avec des caisses à — 10° sortant du frigorifique et non comme c'était le cas avec des caisses venant de stationner pendant 7 jours dans un wagon. Une nuit passée au frigo après le voyage n'a guère influé sur la température des caisses.

En effet, la température prise à l'arrivée du wagon est de — 5° ; celles observées le lendemain dans les caisses servant à l'expérience, sont de — 3°. 7, — 4°. 5, — 4°.

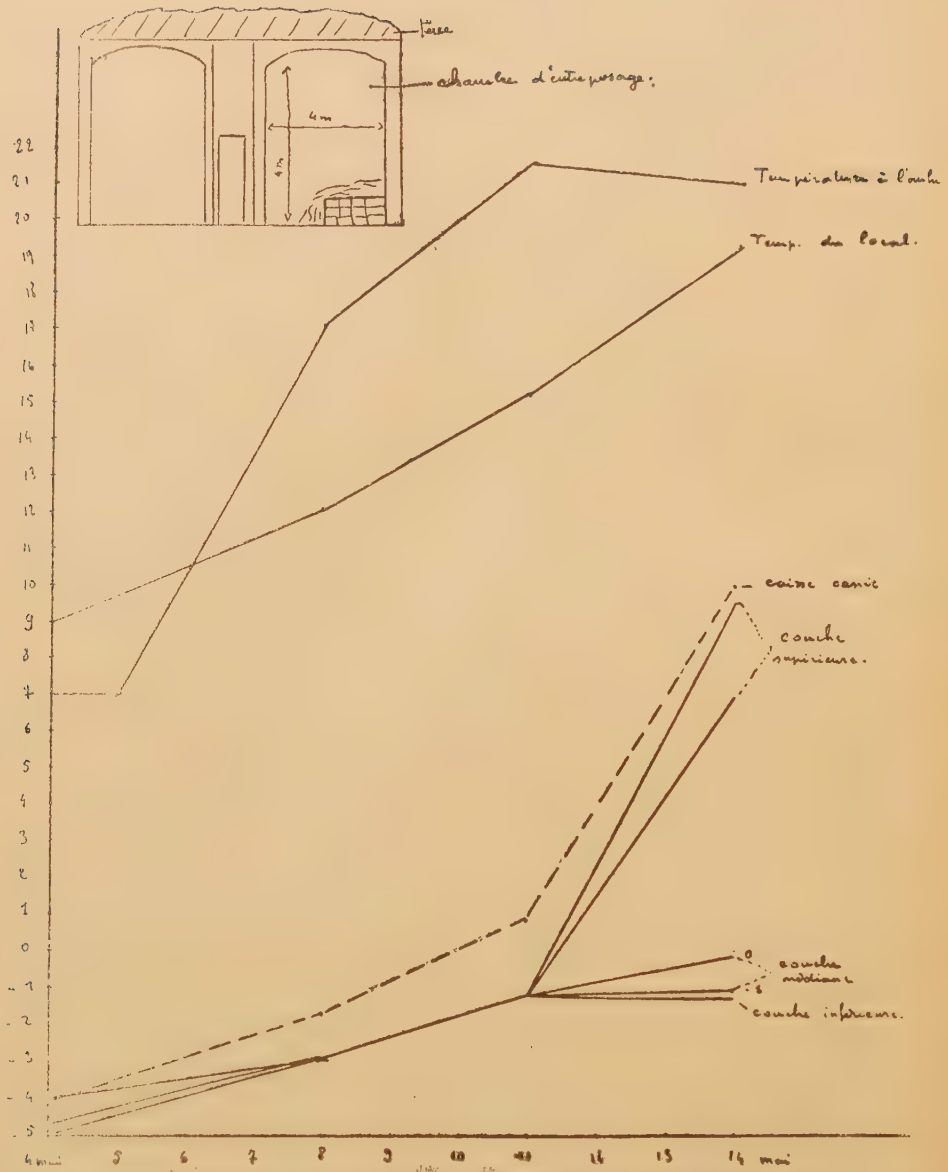
Cet essai est d'autant plus concluant que les circonstances dans lesquelles il a été pratiqué sont particulièrement défavorables : caisses réchauffées au départ, local trop grand et trop chaud, température extérieure très élevée.

Pratiquement, la viande en caisses s'est conservée en dehors du frigorifique à une température supérieure à 0° :

8 jours en wagon.
11 jours en local ordinaire.

On peut en déduire qu'une caisse dont la température interne est de — 10° doit pouvoir se conserver environ 3 semaines dans les conditions de l'essai précédent en évitant les prises de température pendant les 10 premiers jours ».

Ci-joint un graphique des températures observées au cours de l'essai.



Courbes empruntées aux Annales des Vét. Cap. Hemaff.

Outre les conclusions précédentes du Vétérinaire-Commandant Hénaff, les températures relevées sur la caisse cassée, nous montrent clairement le rôle isolant joué par l'emballage.

De plus, le fait que du 4 mai au 11 mai, la température interne des caisses est restée au dessous de 0°, prouve qu'une petite quantité de viande peut être très bien conservée dans un local ordinaire pendant 7 jours.

Il nous semble, sans faire de comparaisons graphiques, avoir amplement prouvé, qu'avec des moyens rudimentaires, les possibilités de conservation son bien plus grandes pour la viande congelée en caisses que pour les quartiers.

D'ailleurs de nombreuses et identiques expériences ont été faites et leurs résultats concordants se sont vérifiés dans la pratique.

Des caisses retirées des chambres de stockage à basse température, supportant un voyage et entassées en bloc, ont été consommées 4 ou 5 jours après leur arrivée : toutes les viandes ont été trouvées en bon état de conservation.

D'autres, dans les mêmes conditions, mais ayant subi un deuxième voyage ont été consommées 6 jours après. Un délai aussi long aurait été fatal à des carcasses congelées.

Au sujet des relevés de température, signalons, qu'assez souvent les thermomètres placés à demeure à l'intérieur de la viande pour mieux suivre la marche de la décongélation, ne donnent plus des températures exactes. Alors qu'on y relève des augmentations de + 3° à + 10°, la viande est en réalité encore congelée, excepté autour du thermomètre. La température extérieure influe donc considérablement sur les résultats donnés. Il est légitime de considérer ces températures comme des « maxima ».

Ces relevés de température ne doivent être faits que lorsque les sérosités de décongélation commencent à suinter ; sans nuire à la conservation, elles indiquent alors le moment précis où il est urgent de consommer. Il serait imprudent de laisser la température dépasser + 10°, d'autant plus que, comme on peut le voir sur le graphique, la vitesse de décongélation, lente au début, augmente dans les derniers jours surtout pour les couches supérieures des caisses.

E. - Le dernier avantage de la méthode réside dans les commodités d'utilisation de la viande et la faculté de ne pas la décongeler.

Avec les méthodes antérieures, la décongélation des carcasses était nécessaire pour la distribution de la viande à la troupe, celle-ci ne pouvant jamais se faire équitablement en raison de la quantité plus ou moins grande d'os suivant les régions et des différences de catégorie.

Au contraire, avec les viandes désossées et congelées, le marquage des caisses, selon leur usage : viande à bouillir, viande à rôtir etc... facilite la juste répartition dans les diverses unités. Celles-ci reçoivent exactement le poids de denrées consommables auxquelles elles ont droit, sans être frustrées par une quantité anormale d'os. D'ailleurs, les hommes de troupe ont particulièrement apprécié les rations sans os.

Le découpage étant déjà fait rien ne nécessite, au surplus, l'emploi d'ouvriers spécialisés pour apprécier la quantité de viande donnée.

Le commerce civil peut aussi retirer beaucoup d'avantages de ce « frigo emballé ». Il suffit d'une sorte de meuble placé n'importe où chez le détaillant et adapté à recevoir les colis mis en vente. Le vendeur pourra ainsi présenter des denrées propres et d'une utilisation commode.

En France les Et. Bonnet et les Et. Satam ont déjà réalisé des meubles de vente pour produits congelés.

Mais la plus intéressante inovation du procédé sera apportée par la possibilité de ne pas décongeler, ce qui évite beaucoup d'inconvénients...

Depuis la guerre de 1914, où le « frigo » importé des Amériques commença à se faire apprécier en France, les produits conservés par le froid sont toujours décongelés avant leur utilisation.

Cette décongélation qu'il faut effectuer lentement et avec soin pour garder toutes ses qualités organoleptiques à l'aliment, est une opération délicate et très longue si elle est faite convenablement. En réalité, les ménagères se contentent de laisser la denrée congelée à l'air atmosphérique ou dans l'eau jusqu'à ce qu'elle prenne une consistance plus molle.

Cette pratique simpliste a de gros inconvénients et est responsable pour une grande part de la dépréciation des denrées congelées dans notre pays.

Depuis quelque temps déjà une solution radicale a été apportée au problème pour diverses denrées : on ne fait plus décongeler.

Ce fut tout d'abord à l'occasion de la congélation à basses températures des denrées végétales et surtout des légumes qu'on commença à étudier la question. Après des expérimentations et des études sérieuses, les producteurs recommandèrent de ne pas décongeler avant la cuisson, pour éviter, en plus d'une perte de matières nutritives la disparition des qualités gustatives. Dès leur sortie de l'emballage, les légumes durcis, doivent être plongés dans l'eau déjà chaude et la cuisson se fait normalement.

L'Américaine qui a, au passage, acheté, chez un détaillant, son repas congelé en paquet, peut le cuire sans qu'il soit nécessaire d'attendre ; c'est d'ailleurs un des facteurs de succès des procédés Birdseye et dérivés.

Evidemment la même chose ne peut se faire sur une

carcassse, car le découpage nécessite le ramollissement. La difficulté est tournée par la présentation en morceaux. On obtiendra un gain de temps et le maintien des qualités nutritives à faire cuire la viande entièrement congelée, les risques de pertes par exsudation étant supprimés.

Ainsi préparée, la viande garde tout son goût, son jus et n'est pas moins tendre que si la décongélation avait été effectuée, bien au contraire.

Il faut toutefois prolonger le temps normal de cuisson.

D'ailleurs, les expériences du Vétérinaire Lt-Colonel Guillot, chef de Laboratoire de Biologie et Microbiologie, sont suffisamment probantes :

1re Expérience. — Un faux-filet provenant d'une caisse préparée et congelée dans le Centre, conservée à — 35°, est découpé en 3 morceaux de 1 kg. 500 environ.

Le premier morceau placé sur une passoire est maintenu à la température du laboratoire jusu'à décongélation ; 75 gr. de sérosités se sont écoulés. Ensuite le fragment est placé dans une chambre froide à + 2°.

Le deuxième morceau est maintenu dès sa sortie de la caisse à + 2°.

Le troisième est maintenu congelé à — 18° environ.

Deux jours après les trois fragments sont sortis des chambres froides et pesés ; les différences de poids sont infimes, excepté pour le premier qui a perdu du jus. Puis ils sont soumis à la cuisson au four, le :

1er pendant 35 minutes ;

2me pendant 40 minutes ;

3me pendant 1 heure, 10 minutes.

A la dégustation il fut aisé d'apprécier les qualités organoleptiques des 3 morceaux. Cependant celui qui avait subi une décongélation préalable était plus sec et plus dur que les 2 autres.

2me Expérience. — Lors d'une deuxième expérience, les trois morceaux furent placés à peu près dans les mêmes conditions et cuits en pot-au-feu.

Les conclusions furent les mêmes ; à savoir, selon le rapport du Vétérinaire Lt-Colonel Guillot.

« Que la décongélation rapide entraîne une perte de sérosité musculaire appréciable, soit 85 gr. pour un morceau de 1 kg. 400 et n'améliore pas ses qualités gustatives (viande trop sèche) ».

« La décongélation lente n'entraîne pas de perte de poids appréciable, mais exige une durée de cuisson plus longue (de 15 à 20 minutes au moins) sans modifier les qualités gustatives ».

« La viande congelée à cœur peut être rôtie ou cuite au pot-au-feu sans décongélation préalable.

Elle conserve tout son suc musculaire avec d'excellentes qualités gustatives sinon les meilleures en exigeant toutefois une cuisson plus longue que celle de la viande décongelée (20 à 30 minutes) ».

De plus, il fut remarqué que s'il y a eu cuisson au pot-au-feu, « le bouillon est meilleur dans le cas où la viande est plongée dans l'eau froide, la saveur de la viande n'étant pas notablement améliorée après immersion dans l'eau bouillante. Le mode de décongélation a peu d'influence sur la saveur du bouillon ».

Cette nouvelle possibilité d'utilisation des viandes congelées en morceaux sera appréciée des cuisiniers de l'armée et de nos ménagères.

D'ailleurs la présentation sous emballage a fait fortune aux U.S.A. Les producteurs ont présenté des paquets contenant toutes sortes de denrées frigorifiées ; certains même contiennent tous les éléments d'un repas. Les ménagères américaines, travaillant souvent hors de leur foyer apprécient forcément ces produits d'une fraîcheur parfaite, qui peuvent être utilisés immédiatement à la cuisson.

Les conditions ne sont pas les mêmes en France. Mais qui niera la commodité d'aliments sains et prêts à la consommation, pouvant se conserver très longtemps

dans un réfrigérateur mécanique constituant ainsi une petite réserve ?

La difficulté actuelle de recrutement du personnel domestique devrait favoriser l'extension de ces procédés. Il est vrai que nous en sommes encore à une époque de transition où nous ne disposons ni de personnel, ni d'appareils frigorifiques.

Il est pourtant à prévoir que cette méthode de congélation, qui fournit aux consommateurs des denrées sous une forme aussi commode, peut prendre une grande extension dans notre pays.

CONCLUSION

Tandis que la réfrigération des denrées joue un grand rôle en France, les industries de congélation n'ont pas réussi à s'implanter profondément dans notre pays. Cela ne signifie pas pourtant qu'elles ne prendront jamais d'extension ; au contraire, avec les progrès actuels des procédés de « Quick-Freezing », il est probable qu'elles se développeront dans un proche avenir.

Les industries de congélation rapide, surtout des produits empaquetés, se sont considérablement développées en Amérique du Nord. A l'heure actuelle les demandes des consommateurs dépassent les possibilités pourtant grandes des usines productrices.

La dernière guerre a particulièrement contribué à développer cette industrie déjà pospère. Pour l'année 1943, les besoins de l'armée américaine se sont élevés à 16.000 tonnes. En 1944, ils ont doublé et sont passés à 38.000 tonnes. Pour leur commerce intérieur, les U.S.A. ont réalisé une chaîne de froid complète et perfectionnée. Le développement du « Quick-Freezing » a amené l'établissement de « Lockers » qui forment le premier maillon de la chaîne ; ce sont de grandes chambres communes, divisées en compartiments individuels, que chaque famille de fermiers loue 10 dollars par an, et où ils déposent tous leurs produits. La température y est maintenue à — 18°. On estime qu'actuellement, 1 million et demi de familles conservent à l'état congelé toutes les productions de leur ferme, permettant d'assurer l'alimentation de 8 millions de personnes. Par ailleurs, les industriels ont mis à l'étude et réalisé la possibilité de congeler des paquets d'aliments cuits qu'il suffit de réchauffer.

Notons, pour être juste, que s'il se déssine aujourd'hui, aux U.S.A., un mouvement de réaction contre les pro-

duits congelés, il faut sûrement en rechercher la cause dans leur consommation abusive pendant ces dernières années de guerre. Ils ne doivent, en effet, être qu'un complément chaque fois que les aliments frais ne peuvent être présentés dans les meilleures garanties de conservation et d'hygiène.

La France n'en est pas encore à ce stade là. Sans doute les conditions économiques et la manière de vivre Outre-Atlantique ne sont pas comparables aux nôtres. Mais actuellement nous nous acheminons sans conteste vers un mode de vie semblable. Un jour viendra où les Français apprécieront toutes les qualités et les avantages que présente l'emploi des nouvelles techniques de congélation dans les industries alimentaires.

Déjà ont apparu et sont distribués dans notre pays, des paquets de filet de morue congelée. Cette présentation a eu, d'emblée, toutes les faveurs des consommateurs qui préfèrent cette morue congelée aux filets salés et séchés. D'ores et déjà, on peut prévoir que dans un proche avenir, les Terres-Neuvas seront de plus en plus équipés d'appareils frigorifiques.

La création de chaînes frigorifiques complètes sont d'autre-part envisagées et même commencées (gare frigorifique de Perpignan). Elles permettront entre autres avantages, de jouer un rôle régulateur dans les prix et la répartition.

Pour Piettre « la congélation des produits préalablement empaquetés pourrait servir en France à la conservation des viandes foraines qui est actuellement si mal assurée et dont les transports laissent par trop à désirer ».

D'aucuns ne voient encore l'application immédiate du « Quick-Freezing » que pour certaines denrées et dans des conditions limitées ; pourtant il est sûr que ces procédés sont assurés, dans notre pays comme dans tous les autres, d'un très grand avenir.

Vu : *Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire*,
Rapporteur,
Ch. LOMBARD.

Vu : *Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire*,
P. PONS

Vu : *Le Président de la Thèse*,
Dr FABRE J.

Vu : *Le Doyen*,
CALVET.

Vu et permis d'imprimer :

Toulouse, le 4 Mars 1947.

Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université,
P. DOTTIN

BIBLIOGRAPHIE

BABEY. — Vue d'ensemble sur les appareils et méthodes françaises de congélation ultra-rapide. (Revue générale du froid. N° 12 Déc. 1946. p. 8 à 14).

BIRDSALL G. W. — 168° below zero (168° sous zéro). Steel, 25 juin 1945. Vol. 116. N° 26.)

BONNET L. — Un nouvel appareil français de congélation ultra-rapide (Revue générale du froid N° 4 1946).

BURKOFF. — Congélation de viandes et de foies. Essai d'après le procédé Heckerman (Fleischwirtschaft. N° 24. 20 déc. 1941. p. 5).

CLÉMENS P. — La station de congélation rapide de Paris-Bercy. (Revue générale du froid. N° 5. 1946).

DAVAL R. — Le progrès de l'industrie frigorifique américaine depuis 1939 (Revue générale du froid. N° 2. 1946).

FABRY R. — Voyage d'étude aux U.S.A. (Revue générale du froid N° 3. 1946).

FAURE L. — L'aspect économique du problème des viandes marocaines. L'industrie frigorifique et la coopération agricole au service de l'élevage (Thèse du doctorat vétérinaire. Alfort. 1933).

FELICE (Domenic de). — Freezing foods (aliments congelés. (Industrial and engineering chemistry industrial edition - janvier 1943. Vol. 35. N° 1. p. 26).

FLEICHMANN. — Nouvelles expériences lors de la décongélation, de l'emmagasinage et du transport des viandes. (Kälte - Industrie - février 1946. p. 11).

FONTANI G. — Procédés modernes de congélation rapide des denrées alimentaires (Thèse de doctorat vétérinaire - Lyon. 1933).

GUILLOT. — Rapport sur une expérience de décongélation et de dégustation de viande désossée congelée (Inspection générale des Subsistances. N° 443. B.M. 27 juillet 1945).

GUILLOT. — Nouveaux essais de dégustation de viande congelée désossée après ou sans décongélation (Rapport à l'Inspection générale des Subsistances. N° 483. B.M. 9 août 1945).

GUILLOT. — Au sujet de la valeur alimentaire des produits congelés et de leur utilisation (Rapport à l'Inspection générale des Subsistances. N° 48).

HÉNAFF F. — Conservation des denrées par le froid (Travaux non publiés).

HÉNAFF F. — Tenue des cartons à viande congelée au cours de la décongélation (Rapport à l'Inspection des Subsistances N° 337. 1/15).

HÉNAFF F. — Tenue des cartons à viande congelée au cours de la décongélation. (Rapport à l'Inspection des Subsistances N° 1739. 1/15.

HÉNAFF F. — Tenue des cartons à viande congelée au cours de la décongélation. (Rapport à l'Inspection des Subsistances. 10 janvier 1946).

HAZZI B. — Congélation rapide dans la conservation de la viande et du poisson (Thèse de doctorat vétérinaire. Alfort. 1941).

KALLERT Ed. — La fabrication de la viande congelée. Un nouveau procédé d'encombrement réduit en Argentine. (Fleischwirtschaft. N° 23. 5 déc. 1942. p. 289).

KALLERT Ed. — Congélation de la viande de bœuf en morceaux. (Fleischwirtschaft. N° 4. février 1943. p. 41).

MANNSCHOTT A. — Progrès dans la conservation des denrées périssables. La congélation rapide. (Centre de perfectionnement technique. N° 950. Nov. 1942).

MARTEL. — Industrie du froid, sauvegarde des vitamines (Froid. oct.-nov. 1941).

MONVOISIN. — La conservation par le froid des denrées périssables. (1946. 3me édition. Dunod édit.).

PENNINGTON M. E. — Conservation of Perishables by refrigeration. (Industrial and engineering chemistry - Industrial edition janvier 1943. Vol. 35. N° 1. p. 26).

PIETTRE M. — Théorie générale de l'application du froid aux denrées alimentaires (1938. Baillière édit.).

PIETTRE M. — Introduction aux diverses techniques de conser-

vation des denrées périssables (Technique Frigorifique. 1934. Baillière édit.).

Piettre M. — Inspection des viandes et des aliments d'origine carnée (1921. Baillière édit.).

Schillnig. — Congélation rapide de la viande (Fleischwirtchaft. N° 20. oct. 1941. p. 11).

Schwerdt H. — Viande congellée en forme de briques. (die Fleischwirtschaft N° 13. juillet 1942. p. 155).

Strohl. — Flotte frigorifique et transport maritime des viandes sous régime du froid. (Thèse de doctorat vétérinaire. Toulouse. 1945).

Tressler (Donald-K.). — Nutritive value of frozen foods (valeur nutritive des aliments congelés). (Journal of the american dietetic association. mai 1945. Vol. 21. N° 5).

Tressler et Evers. — The Freezing preservation of fruits, juices and vegetables. (Journal of the american chemical society. oct.-nov. 1941).

Verlot. J.-B. — L'équipement frigorifique rural d'après-guerre. (mai 1944. Comité d'organisation des exploitations frigorifiques).

Waters (Lewis-W.). — Development of the Quick-Freezing proces. (Progrès du procédé de congélation rapide. « News ». 10 déc. 1942).

Table des Matières

AVANT-PROPOS 9
INTRODUCTION 10

CHAPITRE I

LA CONGÉLATION RAPIDE 11
1°. Maintien de la constitution histologique des tissus.. 12
2°. Avantages économiques 15
3°. Conditions d'emploi des basses températures 16
4°. Principe de la congélation rapide 22
5°. Principaux procédés 25
Procédés par contact direct avec le milieu réfrigérant. (Ottesen, Henderson, Dahl, Hirch-Taylor, « Z ») 26
Procédés par contact indirect avec le milieu réfrigérant. (Petersen, Kolbe, Cooke, Birdseye, Hoveman) 28
Procédés par circulation d'air froid (Tunnel) 31

CHAPITRE II

CONGÉLATION RAPIDE DE LA VIANDE DÉSOSSÉE, DÉCOUPÉE ET EMBALLÉE DANS DES CAISSES DE BOIS OU DE CARTON. 33
1°. Introduction 33
2°. Diverses opérations effectuées 35
3°. Importance des fabrications 48
4°. Avantages du procédé 50
Protection de la viande contre les souillures et les réchauffements 50
Possibilité d'une bonne présentation..... 52
Avantages économiques 56
Possibilité de conservation avec des moyens de fortune .. 60
Commodité d'utilisation. Faculté de ne pas décongeler .. 68
CONCLUSION 73
BIBLIOGRAPHIE 76